

Aus der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung
(Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer: Prof. Dr. W. Klee)
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Echokardiographische Untersuchungen von Kälbern der Rasse
Deutsches Fleckvieh zur Ermittlung von Referenzwerten und Prüfung des
Einflusses von Xylazin und Isofluran auf die Herzdimensionen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Martina Amberger
aus Ingelheim

München 2009

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Klee

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Poulsen-Nautrup

Tag der Promotion: 17.Juli 2009

Für Ralf und Lina

INHALTSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS	7
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	14
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	16
ABKÜRZUNGEN MESSPARAMETER.....	18
1. EINLEITUNG	21
2. LITERATURÜBERSICHT	22
2.1 ANATOMIE DES RINDERHERZENS	22
2.1.1 Lage und Bau des Rinderherzens	22
2.2 GRUNDLAGEN DER ULTRASCHALLUNTERSUCHUNG	25
2.2.1 Allgemeines.....	25
2.2.2 A-Mode (Impulsechoverfahren)	25
2.2.3 M-Mode und 2-D-Ultraschall	26
2.2.4 Anatomisches M-Mode.....	27
2.3 ECHOKARDIOGRAPHIE	28
2.3.1 Echokardiographie beim Kleintier.....	28
2.3.2 Echokardiographie beim Pferd.....	31
2.3.3 Echokardiographie beim Wiederkäuer	33
2.4 PHARMAKOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN VON XYLAZIN UND ISOFLURAN.....	40
2.4.1 Xylazin	40
2.4.2 Isofluran	41
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN.....	42
3.1 MATERIAL UND METHODIK	42
3.1.1 Probanden	42
3.1.2 Vorbereitung der Tiere	42
3.1.3 Elektrokardiogramm.....	43
3.1.4 Vorbereitung zur Echokardiographischen Untersuchung	44
3.1.5 Echokardiographische Untersuchung von sedierten oder narkotisierten Tieren	45
3.2 DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN.....	46
3.2.1 zweidimensionale Darstellung der rechten kaudalen Längsachse (sog. Vierkammer-Blick)	47
3.2.2 M-Mode der rechten kaudalen Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln, ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (PMO)	49
3.2.3 M-Mode der rechten kaudalen Längsachse auf Höhe der Mitralklappen, ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO)	51

3.2.4	zweidimensionale Darstellung der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt zur Vermessung des Aortenbulbus	53
3.2.5	M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt, Messungen der Aorta auf Klappenhöhe (M-Mode Aorta).....	55
3.2.6	M-Mode der rechten kranialen Längsachse auf Höhe der Mitralklappen, mit Darstellung des linken Ausflusstrakts (MV).....	57
3.2.7	M-Mode der rechten kranialen Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln, mit Darstellung des linken Ausflusstrakts (PM).....	58
3.2.8	Zweidimensionale und M-Mode-Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse, Messungen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk)	58
3.2.9	Zweidimensionale Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse, Messungen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk).....	60
3.2.10	Zweidimensionale Darstellung von Aorta und linkem Vorhof in der rechten kranialen Kurzachse (Aok)	62
3.3	STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	64
3.4	ERGEBNISSE	70
3.4.1	Patienten	70
3.4.2	Präzision.....	71
3.4.3	Korrelation.....	92
3.4.4	Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte und deren Bezug zum Körpergewicht, gemessen im Wachzustand (n = 50)	93
3.4.5	Vergleich der Mittelwerte aus verschiedenen Schnittebenen.....	102
3.4.6	Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte, gemessen unter Isofluran-Narkose (n = 15).	105
3.4.7	Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte, gemessen unter Xylazin-Einwirkung (n = 15).	114
4.	DISKUSSION	124
4.1	PATIENTEN	124
4.2	PRÄZISION	126
4.3	KORRELATION	127
4.4	VERGLEICH DER MESSWERTE AUS VERSCHIEDENEN SCHNITTEBENEN	128
4.5	VERGLEICH DER MESSWERTE AUS WACH- UND NARKOSEMESSUNGEN.....	130
4.6	VERGLEICH VON MESSWERTEN AUS VERSCHIEDENEN STUDIEN	131

5.	ZUSAMMENFASSUNG	136
6.	SUMMARY	139
7.	ANHANG	141
7.1	TABELLEN AUS DER LITERATUR:	141
7.2	NICHTPARAMETRISCHE KORRELATIONEN	154
7.3	ERHEBUNGSBOGEN.....	160
7.4	PATIENTENDATEN	165
8.	LITERATURVERZEICHNIS	170
9.	LEBENS LAUF.....	176
10.	DANKSAGUNG.....	177

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Kriterien für die Zuweisung der Patienten in Kategorien	69
Tabelle 2	Patientenverteilung in den Gruppen „wach“ und „Narkose“, aufgeteilt nach Geschlecht	70
Tabelle 3	Präzision [VC %] der echo-kardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	72
Tabelle 4	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO), nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	74
Tabelle 5	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	76
Tabelle 6	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	79
Tabelle 7	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	80
Tabelle 8	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PM) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	81

Tabelle 9	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	83
Tabelle 10	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzsachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	85
Tabelle 11	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzsachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	86
Tabelle 12	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzsachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	89
Tabelle 13	Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Kurzsachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	92
Tabelle 14	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	93
Tabelle 15	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	94

Tabelle 16	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe, (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 95
Tabelle 17	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 96
Tabelle 18	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 96
Tabelle 19	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 97
Tabelle 20	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 98
Tabelle 21	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 99
Tabelle 22	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis) 100
Tabelle 23	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen

	Standbild der rechten kaudalen Kurzachse gemessen auf Höhe der Chordae tendineae nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	101
Tabelle 24	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Kurzachse gemessen auf Höhe der Ventilebene nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	101
Tabelle 25	Vergleich der echokardiographisch am Herzen von 50 Fleckviehkälbern im Alter von bis zu drei Monaten im Wachzustand gemessenen Mittelwerte in den verschiedenen Schnittebenen (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	102
Tabelle 26	Prüfung auf signifikante Unterschiede der Mittelwerte aus den Wachmessungen (n=50) ermittelt im M-Mode der Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO) bzw. auf Höhe der Mitralklappen (MVO) ohne Darstellung des linken Ausflusstraktes (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	103
Tabelle 27	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	105
Tabelle 28	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	106
Tabelle 29	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	107
Tabelle 30	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	108
Tabelle 31	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	108

Tabelle 32	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskel (PM) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	109
Tabelle 33	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	110
Tabelle 34	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	111
Tabelle 35	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	112
Tabelle 36	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	113
Tabelle 37	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	113
Tabelle 38	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	114
Tabelle 39	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	115
Tabelle 40	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	116

Tabelle 41	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	117
Tabelle 42	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	117
Tabelle 43	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PM) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	118
Tabelle 44	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	119
Tabelle 45	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis).....	120
Tabelle 46	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	121
Tabelle 47	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	122
Tabelle 48	Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	122
Tabelle 49	Vergleich von echokardiographischen Daten verschiedener Studien	133
Tabelle 50	Durchschnittliche Messwerte von Rinderherzen, ermittelt im M-Mode (PIPERS et al., 1978a)	141

Tabelle 51	Messwerte zur Orientierung in einem Fall von Fallot Tetralogie (REEF und HATTEL, 1984).....	142
Tabelle 52	Schallkopfpositionen und Ausrichtungen zur Echokardiographie von Haustieren (YAMAGA und TOO, 1984)	143
Tabelle 53	Mittelwerte von M-Mode-Messungen (YAMAGA und TOO, 1986)	144
Tabelle 54	Echokardiographische Referenzwerte für Schafe ermittelt im M-Mode (MOSES und ROSS, 1987).....	145
Tabelle 55	Für Pferde ermittelte Schnittebenen nach CARLSTEN (1987), modifiziert nach STADLER et al. (1988).....	146
Tabelle 56	Mittelwerte und Standardfehler 18 unsedierter gesunder Kälber der Rassen Holstein Friesian und Blauweißer Belgier (AMORY et al., 1991)	147
Tabelle 57	Echokardiographische Mittelwerte für 17 gesunde Holstein Friesian Kälber während des Wachstums (AMORY und LEKEUX, 1991)	148
Tabelle 58	Übersicht der empfohlenen Messparameter im ein- oder zweidimensionalen Echokardiogramm bei Hund und Katze (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998)	149
Tabelle 59	Optimale Schallkopfpositionen zur Echokardiographie beim Rind (BRAUN et al., 2001)	150
Tabelle 60	Normalbereiche verschiedener Messparameter am Kuh-Herzen (n =51) (BRAUN und SCHWEIZER, 2001)	151
Tabelle 61	Echokardiographische Messwerte für gesunde Chinchillas (n = 17) (LINDE et al., 2004)	152
Tabelle 62	Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) WACH Signifikanz (p) (2-seitig) Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen).....	154
Tabelle 63	Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) NARKOSE Signifikanz (p) (2-seitig) Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen)	156
Tabelle 64	Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) DIFFERENZ WACH - NARKOSE Signifikanz (p) (2-seitig) Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen).....	158
Tabelle 65	Aufnahmediagnosen der im Rahmen der Studie untersuchten Patienten	165
Tabelle 66	Datensammlung Probanden.....	167

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Rinderherz modifiziert nach EL HEGAZI, 1958 (aus: NICKEL et al., 1996)	23
Abbildung 2	Basis eines Rinderherzens / Ventilebene modifiziert nach PREUSS, 1955 (aus: NICKEL et al., 1996).....	24
Abbildung 3	Elektrokardiogramm eines Rindes in der modifizierten bipolaren Ableitung nach SPÖRRI und SANDER (STÖBER und GRÜNDER, 1990)	43
Abbildung 4	Versuchsaufbau: Kalb in rechter Seitenlage auf dem Lochtisch, Hilfsperson zur zusätzlichen Fixierung des Tieres, links Ultraschallgerät (EUB-8500 CV, Hitachi, Japan).....	44
Abbildung 5	Ultraschallansicht und schematische Darstellung einer rechten kaudalen Längsachse (sog. Vier-Kammer-Blick).....	48
Abbildung 6	Ultraschallansicht und schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne linken Ausflusstrakt auf Höhe der Papillarmuskeln mit parallel aufgezeichnetem EKG Rechte Ventrikelwand (RVW), rechter Ventrikeldurchmesser (RVD), Interventrikulärseptum (IVS), linker Kammerdurchmesser (LVED), Wand des linken Ventrikels (LVPW), Trikuspidalklappen (TV), Mitralklappe (MV)	50
Abbildung 7	Ultraschallansicht und schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Ausflusstrakt auf Höhe der Mitralklappe	52
Abbildung 8	Ultraschallansicht und schematische Darstellung des Aortenbulbus zur Messung der Parameter AoB1-3	54
Abbildung 9	Ultraschallansicht und schematische Darstellung der normalen Aortenklappenbewegung im M-Mode	56
Abbildung 10	Schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt.....	57
Abbildung 11	Ultraschallansicht und schematische Darstellung einer Kurzachsenansicht von rechts kaudal, auf Höhe der Papillarmuskeln.....	59
Abbildung 12	Ultraschallansicht und schematische Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse zur Wandstärkenmessung (t) mittels Ellipsenmethode.....	61
Abbildung 13	Ultraschallansicht und schematische Darstellung der Messung des Durchmessers der Aorta in Klappenhöhe und des Durchmessers des linken Atriums in der Kurzachse	63
Abbildung 14	Darstellung der Präzision der echokardiographischen Messungen in Form der Variationskoeffizienten [VC %] am Beispiel der rechten kaudalen Längsachse im Wachzustand (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	66

Abbildung 15	Vergleichende Darstellung der Präzision der echokardiographischen Messungen in Form der Variationskoeffizienten [VC %] am Beispiel der rechten kaudalen Längsachse gemessen unter Einfluss von Xylazin bzw. Isofluran (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)	67
Abbildung 16	Überprüfung der Daten auf Normalverteilung anhand von Histogrammen, hier gezeigt am Beispiel der erhaltenen Werte für den Durchmesser der Aorta, gemessen auf Höhe der Klappe (AoB1)	68
Abbildung 17	Alter - Gewichtsverteilung der untersuchten Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh ($n = 50$), ($r = 0,688$)	70
Abbildung 18	Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der diastolischen Fläche des linken Vorhofs (FLAd), gemessen in der rechten kaudalen Längsachse ($p = 0,050$)	73
Abbildung 19	Präzision [VC %] von Messungen des systolischen Längsdurchmessers des linken Ventrikels (LVLs), gemessen in der rechten kaudalen Längsachse, vergleichend in Form von Boxplots dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,018$)	73
Abbildung 20	Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der systolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWs), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO), gemessen auf Höhe der Mitralklappe ($p = 0,041$)	78
Abbildung 21	Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der Strecke DE, ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe ($p = 0,037$)	78
Abbildung 22	Präzision [VC %] von Messungen der diastolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWd), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO), gemessen auf Höhe der Mitralklappe vergleichend dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,033$)	79
Abbildung 23	Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der diastolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWd), ermittelt am Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) ($p = 0,029$)	88
Abbildung 24	Präzision [VC %] von Messungen der mittleren systolischen Wandstärke des linken Ventrikels ($tsys$), ermittelt am Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe Chordae tendineae (CTk), vergleichend dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,032$)	91

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
Anz.	Anzahl
AoB	aortic bulbus (engl. = Aortenbulbus)
AoV	aortic valve (engl. = Aortenklappe)
Aufn.	Aufnahme/-n
B-Mode	brightness (engl. = Helligkeit) = Zweidimensionales Ultraschallverfahren: die Schallreflexionsqualität wird durch verschiedene Helligkeiten/ Graustufen wiedergegeben
bpm	beats per minute (engl. = Schläge pro Minute)
Circ./Zirk.	circulation (engl. = Zirkulation)
d/diast./diastol.	diastolisch (-e/-er)
EKG	Elektrokardiogramm (-e)
engl.	englisch
ICR	intercostal room (engl. = Interkostalraum)
i. m.	intra muskulär
i. p.	intra peritoneal
i. v.	intra venös
KA	Kurzachse
k. A.	keine Angabe
KG	Körpergewicht
LV	linker Ventrikel
LVOT	left ventricular outflow tract (engl. = linksventrikulärer Ausflusstraktes)
max.	maximal (-e/-er)
Max	Maximum
M./Mm.	Musculus/Musculi
Min	Minimum
msek.	Millisekunde
MW	Mittelwert (-e)
PM	Papillarmuskel
PV	pulmonary valve (engl. = Pulmonalklappe)

RVOT	right ventricular outflow tract (engl. = Durchmesser des rechten Ausflusstraktes)
s.	Siehe
SD/Stabw.	standarddeviation (engl. = Standardabweichung)
SE	standarderror (engl. = Standardfehler)
sog.	so genannt (-e/-er)
s/sys./systol.	systolisch (-e/-er)
Tab.	Tabelle (-n)
TM-Mode/M-Mode	time motion mode
u.	Und
VC	Variationskoeffizient
V./Vv.	Vena/Venae
Vcf	velocity of circumferential shortening (engl. = zirkumferentielle Verkürzungsgeschwindigkeit)
Verwertb. Mess.	Verwertbare Messungen
vgl.	Vergleiche
vs.	versus (engl. = gegen), direkter Vergleich
VSD	Ventrikel-Septum-Defekt
zw.	Zwischen

ABKÜRZUNGEN MESSPARAMETER

Ao d	= diastolischer Aortendurchmesser, gemessen im M-Mode
Ao B1	= Durchmesser der Aorta in Höhe der Klappe
Ao B2	= max. Durchmesser des Aortenbulbus
Ao B3	= Durchmesser der Aorta ascendens
CTk	= Kurzachse auf Höhe der Chordae tendineae
DAo	= aortic diameter Enddiastolischer Durchmesser der Aortenwurzel in Klappenhöhe, gemessen in der Kurzachse
DLA	= left atrial diameter endsystolischer Durchmesser des linken Vorhofs, gemessen in der Kurzachse
EF	= Ejection-fraction [%] Prozentualer Anteil des ausgeworfenen Blutvolumens am gesamten Volumen des linken Ventrikels
EPSS	= E-point-to-septal-separation Abstand des septumständigen Mitralklappensegels vom Interventrikulärseptum bei maximaler frühdiaastolischer Öffnung
Fa	= Fläche des linken Ventrikels außen (Kurzachse)
FAC/FAC genau	= fractional area change [%] Prozentuale Verkürzung des linksventrikulären Durchmessers innerhalb einer Herzphase/unter Berücksichtigung der Papillarmuskel genau gemessen (Kurzachse)
Fi/Fi genau	= Fläche des linken Ventrikels innen/ unter Berücksichtigung der Papillarmuskeln genau gemessen (Kurzachse)
FLA	= Fläche des linken Vorhofs [cm ²]
FS	= fractional shortening [%] prozentuale systolische Verkürzungsfraction des linken Ventrikels
HR/HF	= heartrate/Herzfrequenz

IVSd/IVSs	= interventricular septum, diastolic/systolic Enddiastolische bzw. endsystolische Dicke der Kammerscheidewand
LA/Ao	= Größenverhältnis des linken Vorhof im Vergleich zur Aorta, gemessen im M-Mode
LA/Aok	= Größenverhältnis des linken Vorhof im Vergleich zur Aorta, gemessen in der kurzen Achse
LA s	= left atrium Endsystolischer Durchmesser des linken Vorhofs, gemessen im M-Mode
LAL	= Längsdurchmesser des linken Vorhofs
LAQ	= Querdurchmesser des linken Vorhofs
LVEdD/LVEsD	= left ventricular diameter, diastolic/systolic Enddiastolischer/endsystolischer Durchmesser der linken Kammer
LVk	= linker Ventrikel in der Kurzachse
LVL	= Längsdurchmesser des linken Ventrikels, gemessen von der Apex zur Basis der Mitralklappe
LVPWd/LVPWs	= left ventricular posterior wall, diastolic/systolic Enddiastolische/endsystolische Dicke der linken Kammerwand
MV	= M-Mode auf Höhe der Mitralklappe, mit Ausflusstrakt
MVO	= M-Mode auf Höhe der Mitralklappe, ohne Ausflusstrakt
n	= Kennzeichnung für unter Narkose gemessene Werte
PM	= M-Mode auf Höhe der Papillarmuskel, mit Ausflusstrakt
PMO	= M-Mode auf Höhe der Papillarmuskel, ohne Ausflusstrakt
RVDd/RVDs	= right ventricular diameter, diastolic/systolic Enddiastolischer/endsystolischer Durchmesser der rechten Kammer
RVWd/RVWs	= right ventricular wall, diastolic/systolic Enddiastolische/endsystolische Dicke der rechten Kammerwand

Strecke DE	D = Beginn der Mitralklappenöffnung, E = maximale frühdiastolische Mitralklappenöffnung
SV	= stroke volume Schlagvolumen des linken Ventrikels in [ml]
t	= Mittlere Wandstärke des linken Ventrikels in der Kurzachse Höhe Chordae tendineae [cm]
Vier-Kammer-Blick	= Längsachsendarstellung, beide Vorhöfe und beide Kammern in größtmöglichen Anteilen dargestellt

1. EINLEITUNG

Seit dem Einsatz von Ultraschall in der Tiermedizin wird immer wieder über Befunde am Herzen von Rindern berichtet. Das Fehlen von Referenzwerten kann dabei rasch zu vagen Vermutungen verleiten. Für eine exakte Interpretation ist es allerdings notwendig, Befunde qualitativ und quantitativ richtig zu bewerten, weshalb gewisse Standards gerade in der Echokardiographie eingehalten werden müssen. Eine Standardisierung der Schnittebenen ist auch in der Buiatrik erforderlich, da sich diejenige von Kleintieren und Pferden nicht problemlos übertragen lassen. In der Vergangenheit beschäftigten sich deshalb mehrere Arbeiten mit dieser Problematik. Referenzwerte für adulte Tiere liegen bereits in größerem Umfang vor, für Jungtiere fehlen diese jedoch weitgehend.

Diese Arbeit befasst sich neben der Ermittlung von Referenzwerten für Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh mit der Auswirkung von Xylazin und Isofluran auf die Herzdimensionen. Nachdem beide Medikamente erfahrungsgemäß unterschiedlich auf den Kreislauf der Tiere wirken, sollten die Veränderungen am Herzen von Fleckviehkälbern im Rahmen dieser Studie objektiviert werden.

Die Messungen werden an zweidimensionalen Darstellungen und im M-Mode durchgeführt. Auf die Anwendung des Dopplerverfahrens wird bewusst verzichtet, da diese Arbeit zunächst eine Einführung in die Echokardiographie beim Rind darstellt. Diese Studie soll dem ungeübten Untersucher als eine Art Anleitung dienen, das Herz mittels konventionellen Ultraschalls „lesen“ zu lernen und dessen Strukturen sowie deren Bewegungen korrekt zu interpretieren.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1 ANATOMIE DES RINDERHERZENS

2.1.1 Lage und Bau des Rinderherzens

Das Herz des Rindes, zu 5/7 links der Medianen gelegen, berührt im Bereich des 4. und 5. Interkostalraums (ICR) die linke Brustwand. Es reicht in kraniokaudaler Richtung von der 3. bis zur 5. oder auch 6. Rippe. Seine Achse steht verhältnismäßig steil. In den mittleren Abschnitt des Mediastinums eingefügt, wird es zum größten Teil von den Lungen abgedeckt. Im Vergleich zu anderen Tierarten besitzt das Rind ein relativ kleines Herz.

Die kraniodorsal gerichtete Herzbasis erreicht etwa die halbe Höhe des Thorax und die Herzspitze einige Millimeter vom Brustbein entfernt den Bereich der linken 5. Rippenknorpelverbindung.

Die kaudale Kontur des M. triceps brachii folgt beim Rind dem 5. ICR, der Herzstoß ist links im 4. ICR am deutlichsten. Kräftiger Körperbau und guter Ernährungszustand erschweren die Feststellbarkeit des Herzstoßes, die Auskultation des Herzens und ebenso die transthorakale Echokardiographie.

Das Herz des Rindes hat im diastolischen Zustand etwa die Form eines gleichseitigen, gedrungenen, in der Systole mehr spitzen Kegels. Seine von den Herzohren und Anteilen der Herzkammern gebildete linke Fläche, die Facies auricularis, ist der linken Brustwand, die aus Abschnitten beider Vorhöfe und Herzkammern bestehende Facies atrialis der rechten Brustwand zugewandt (s. [Abbildung 1](#)).

Am Herzen unterscheidet man einen rechten venösen und einen linken arteriellen Teil. Beide bestehen aus jeweils einem Vorhof, Atrium cordis dextrum/sinistrum und aus jeweils einer Herzkammer, Ventriculus cordis dexter/sinister.

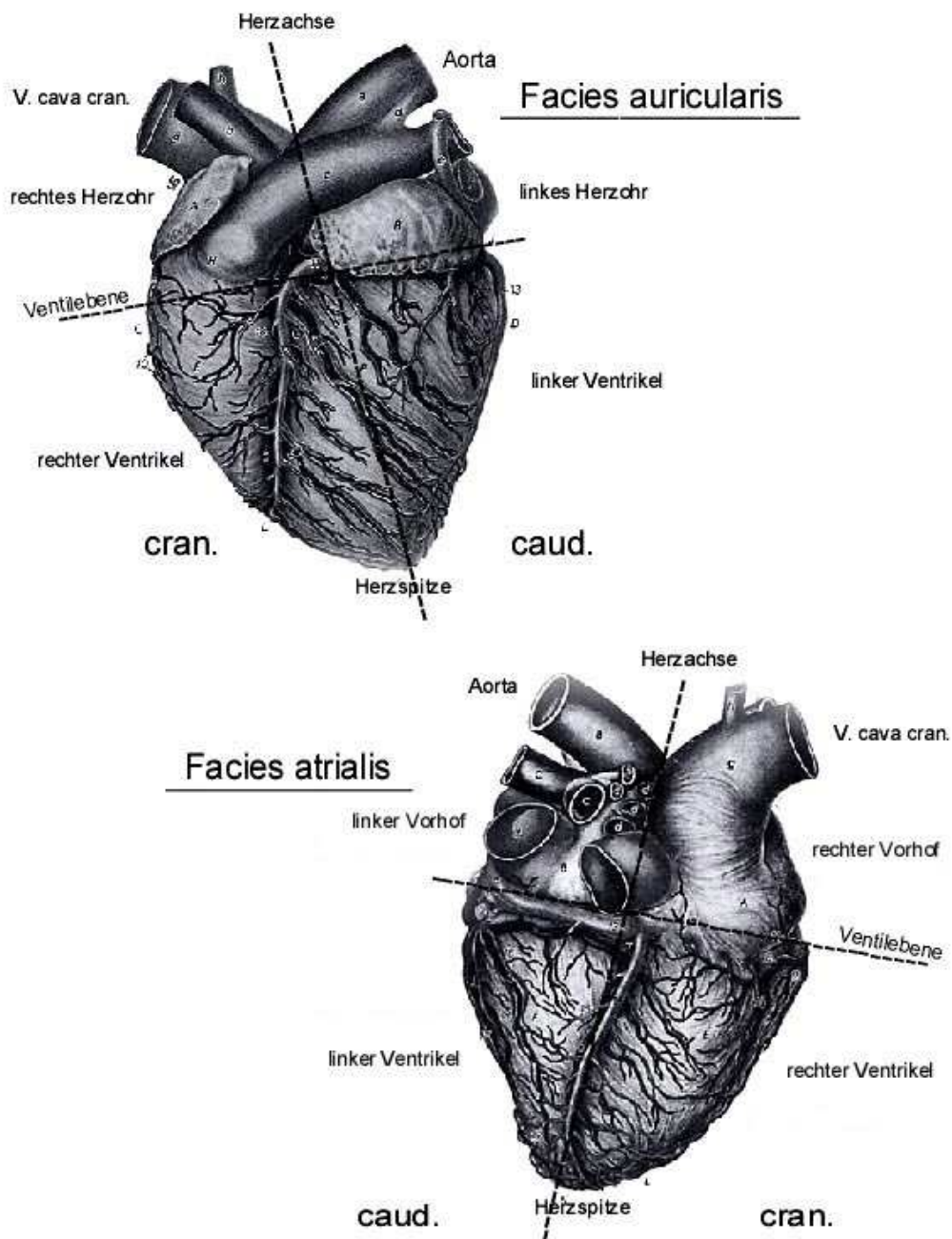


Abbildung 1

Rinderherz modifiziert nach EL HEGAZI, 1958
(aus: NICKEL et al., 1996)

Das Herz besitzt vier Klappen (s. [Abbildung 2](#)): Zwischen Vorhöfen und Kammern finden sich die Segelklappen, Valva atrioventricularis dextra und sinistra. Rechts dreizipfelig (Valva tricuspidalis), links zweizipfelig (Valva bicuspidalis seu mitralis). Die freien Ränder der Klappensegel sind durch die Chordae tendineae mit den Papillarmuskeln verbunden, durch deren Kontraktion ein Rückschlagen der Segel in die Vorhöfe während der Systole verhindert wird. Die Taschenklappen, Valva trunci pulmonalis und Valva aortae, jeweils aus drei halbmondförmigen Semilunarklappen bestehend, verhindern während der Diastole den Rückstrom des Blutes in die Kammern.

In unmittelbarer Umgebung des Ostium aorticum und damit im Zentrum der Ventilebene gelegen, verhindern die beiden Herzknochen beim Rind während der Herzaktion störende Formveränderungen des Ostiums und bieten zugleich einem großen Teil der Kammermuskulatur Ursprung und Ansatz (SCHUMMER und HABERMEHL, 1996).

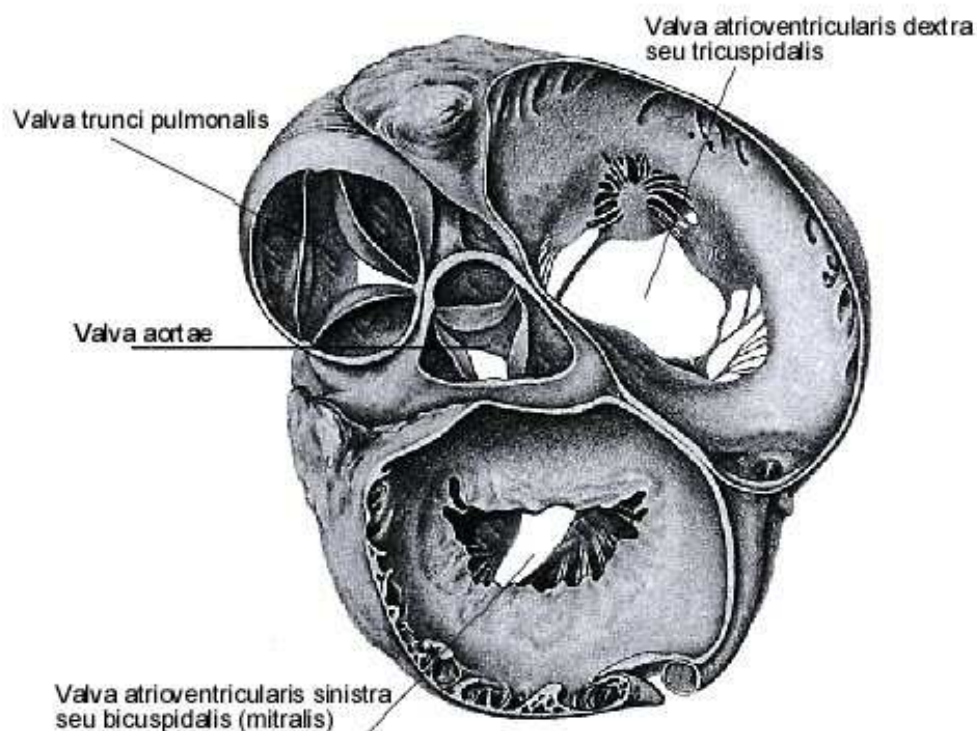


Abbildung 2

Basis eines Rinderherzens / Ventilebene modifiziert nach
PREUSS, 1955 (aus: NICKEL et al., 1996)

2.2 GRUNDLAGEN DER ULTRASCHALLUNTERSUCHUNG

2.2.1 Allgemeines

Unter *Ultraschall* versteht man Schwingungen mit Frequenzen oberhalb der menschlichen Hörgrenze ($> 20 \text{ kHz}$). Dichte und elastische Eigenschaften eines Mediums bestimmen die Wellenlänge, mit der sich der Ultraschall darin fortpflanzt.

(Wellenlänge $\lambda = \text{Quotient aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit } c \text{ und der Frequenz } \nu$,
□ in Weichteilen beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit $c = 1540 \text{ m/s}$)

Die Eindringtiefe eines Ultraschallstrahls nimmt mit dem Anstieg der Frequenz ab. Alle diagnostischen Ultraschallmethoden basieren auf dem Prinzip der Reflexion an der Grenzfläche zwischen zwei Medien unterschiedlicher akustischer Impedanz (WAGNER, 1985).

Für die Erzeugung und den Empfang von Ultraschallwellen wird die piezoelektrische Eigenschaft verschiedener Kristalle im Schallkopf genutzt. Hochfrequente elektrische Wechselspannungen regen diese Kristalle zu Schwingungen an, welche als Ultraschallwellen abgegeben werden. Reflektierte Schallwellen erzeugen umgekehrt in den Kristallen eine messbare Wechselspannung (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).

Damit eine Struktur dargestellt werden kann, muss ihre Größe mindestens ein Viertel der ausgesandten Wellenlänge betragen (BOON, 1998).

2.2.2 A-Mode (Impulsechoverfahren)

Beim *A-Bildverfahren* oder *A-Mode* (A = Amplitude) werden die in einer Linie hintereinander liegenden, reflektierenden Gewebegrenzflächen auf einer Kathodenstrahlröhre als vertikale Signale mit unterschiedlicher Amplitude dargestellt. Da die Laufzeit der Ultraschallimpulse im Gewebe bekannt ist, können die Signale einer bestimmten Gewebetiefe und Strukturen zugeordnet werden. Dieses Verfahren ist heute nur noch von geschichtlichem Interesse (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).

2.2.3 M-Mode und 2-D-Ultraschall

Das heute noch gebräuchlichste *eindimensionale B-Bildverfahren* [B = brightness (Helligkeit)] ist das *TM-* oder kurz *M-Mode* [M = motion (Bewegung), TM-Mode = time motion mode].

Grenzflächen und Strukturen werden hierbei entlang einer Linie abgetastet und als vertikale Bildzeile wiedergegeben. Die Schallreflexionsqualität wird in Form von Graustufen dargestellt. Es ergibt sich ein Struktur-Zeit-Diagramm, wobei in Y-Achsen-Richtung die getroffenen Grenzflächen abgebildet werden und in X-Achsen-Richtung die zeitlichen Veränderungen ablesbar sind. Dieses Diagramm dient vor allem der Darstellung und Beurteilung bewegter Strukturen und von Bewegungsabläufen.

Zu den *Zweidimensionalen B-Bildverfahren* (2-D-Ultraschall) zählen das Compound-Verfahren sowie die Real-time-Sonographie:

Bei dem *Compound-Verfahren* handelt es sich um ein aus zahlreichen eindimensionalen Echogrammen, welche aus verschiedenen Perspektiven gewonnenen werden, zusammengesetztes, zweidimensionales Bild. Bei relativ guter Auflösung lässt sich ein großer Abbildungsbereich darstellen, Sende- und Empfangszeit müssen aber genau mit einer Herzphase (= Dauer einer vollständigen Herzaktion, bestehend aus Systole und Diastole) korreliert werden. Da die Methode keine Echtzeitdarstellung der Herzbewegungen erlaubt, wird sie heute in der Kardiologie praktisch nicht mehr angewandt (KÖHLER und TATARU, 1989).

Bei der *Echtzeit- (Real-Time-) Sonographie* erfolgt das Scannen der zu untersuchenden Region durch automatisches Abtasten. Durch verkürzte Bildaufbauzeit können 20 bis 50 und mehr zweidimensionale Bilder pro Sekunde auf dem Bildschirm entstehen. In der Kardiologie ist man auf Bildraten von mindestens 30 Bildern pro Sekunde angewiesen. Dies ermöglicht die Beurteilung von anatomischen und pathologischen Strukturen samt ihrer Bewegung und erlaubt gewisse Rückschlüsse auf deren Funktion (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).

2.2.4 Anatomisches M-Mode

Das anatomische M-Mode ist ein digitales Nachbearbeitungsverfahren, welches dem Untersucher ermöglicht, innerhalb einer im B-Mode aufgezeichneten Sequenz mittels eines frei beweglichen Cursors stets eine optimale Schnittebene für das M-Mode einzustellen. Mit Hilfe einer speziellen Software wird aus den Daten des zweidimensionalen Bildes der M-Mode generiert. Die Herzstrukturen können somit immer in der gleichen Ebene orthogonal angeschnitten werden. Die Untersuchungsdauer wird dadurch erheblich verkürzt (STROTH, 2006).

2.3 ECHOKARDIOGRAPHIE

Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über die Entwicklung der Echokardiographie bei Kleintier und Pferd gegeben. Die Untersuchungen des Rindes basieren weitgehend auf der Vorgehensweise bei diesen Spezies und profitieren noch heute von der mittlerweile stark ausgereiften Untersuchungstechnik und dem Fachwissen der spezialisierten Kollegen.

2.3.1 Echokardiographie beim Kleintier

Bereits um 1970 werden Herzdimensionen bei Hunden mittels Echokardiographie erfasst (MASHIRO et al., 1976). Seit Mitte der 80er Jahre beschäftigen sich Tierärzte damit, Referenzwerte zu ermitteln (THOMAS et al., 1994), Methoden zu vergleichen (SCHÖBER und BAADE, 2000) und Standards zu entwickeln (DUKES-McEWAN et al., 2002). Echokardiographie zählt heute zu den Routine-Methoden der Herz-Kreislaufdiagnostik beim Kleintier.

2D- und M-Mode eignen sich sehr gut zur Erhebung von Messwerten. Im M-Mode lassen sich die Bewegungen von Herzstrukturen beurteilen, die kardiale Ausdehnung ermitteln oder Bewegungsabläufe beobachten. Zweidimensionale Darstellungen sind zwar für den Untersuchenden leichter nachvollziehbar, lassen aber nur eine eingeschränkte funktionelle Beurteilung der anatomischen Strukturen zu, da sie eine geringere Detaillierbarkeit aufweisen. Eine Kombination von ein- und zweidimensionaler Sonographie ist deshalb oft notwendig.

Für die Untersuchungen wird ein 5,0 MHz-Schallkopf verwendet. Die Tiere werden unsediert im Stehen oder in Seitenlage untersucht.

Drei Schallkopfpositionen (sog. Fenster) sind für die Echokardiographie entscheidend:

- *rechtes parasternales Fenster*: 4./5. ICR rechts, zwischen Sternum und Übergang der Rippen zum Rippenknorpel
- *linkes kaudales/apikales Fenster*: zwischen 5. und 7. ICR links, möglichst dicht am Sternum
- *linkes kraniales Fenster*: 3./4. ICR links, zwischen Sternum und Übergang der Rippen zum Rippenknorpel

Die Quantifizierung der einzelnen Strukturen ermöglicht eine objektive Einschätzung von pathologischen Veränderungen. [Tabelle 58](#) zeigt eine Übersicht der empfohlenen Mess-Parameter im ein- oder zweidimensionalen Echokardiogramm (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).

Im Rahmen eines Dissertationsprojektes wurden die direkten haemodynamischen Auswirkungen von Narkose auf das Herz von Weißen-Neuseeländer-Kaninchen untersucht. Hierzu hat man 20 Tiere im Wachzustand und zusätzlich unter Injektionsnarkose mit einem Ketamin/Xylazin-Gemisch untersucht. Die Größenverhältnisse der verschiedenen Herzkammern und Gefäße ändern sich zwischen Wachzustand und Narkose nur unwesentlich. Unter Narkose verschlechtern sich dagegen die mittlere Verkürzungsfraction des linken Ventrikels (FS) und die mittlere Ejektionsfraction (EF) signifikant. Dies wird als Ausdruck der negativ inotropen Wirkung der verwendeten Narkotika gewertet (BREITHARDT, 2001).

LINDE et al. (2004) veröffentlichen Referenzwerte für die echokardiographische Untersuchung von Chinchillas. Die Messungen werden vergleichend im Wachzustand und unter Isofluran-Narkose durchgeführt (Einleitung mit 5 % Isofluran, Erhaltung der Narkose mit 1-3 % Isofluran). Signifikante Veränderungen ergeben sich für die Messwerte des linken Ventrikels, des linken Vorhofes und für die der Aorta (s. [Tabelle 61](#)). Die Herzfrequenz verändert sich nicht signifikant unter Narkose. Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Geschlecht der Tiere, nicht jedoch zwischen den ermittelten Messwerten und dem Geschlecht.

2007 beschreiben CAMPBELL und KITTLESON den Einfluss des Hydrationsstatus auf die Herzdimensionen bei Katzen. 10 Katzen werden im Rahmen der Studie untersucht. Zunächst wird den Tieren mittels Schleifendiuretikum Flüssigkeit entzogen (bis zu 10 % des Körpergewichtes), in folgenden Versuchen wird per Infusion Flüssigkeit unterschiedlicher Mengen zugeführt. Die Katzen werden vor den echokardiographischen Untersuchungen sediert und gewogen.

Flüssigkeitsverlust führt zu einer Zunahme der diastolischen Stärke des Interventrikulärseptums (IVSd) und der freien linken Ventrikelwand (LVPWd) ($p < 0,001$).

Der diastolische linksventrikuläre Durchmesser (LVE_dD) verringert sich signifikant ($p < 0,001$), ebenso das Verhältnis von linkem Vorhof zur Aorta (LA/Ao) ($p < 0,001$) und die diastolische Fläche des linken Vorhofs (LAd) ($p < 0,05$). Durch Zufuhr unterschiedlicher Mengen von Infusionslösung erfahren vor allem die prozentuale Verkürzungsfraction des linken Ventrikels (FS), die diastolische Fläche des linken Vorhofs (LAd) und das Größenverhältnis von linkem Vorhof zu Aorta (LA/Ao) eine signifikante Größenzunahme ($p < 0,05$). Sechs Katzen entwickeln ein Herzgeräusch.

Die Ergebnisse zeigen, dass die korrekte Beurteilung des Schweregrades einer Kardiomyopathie mittels 2D-Echokardiographie durch Veränderungen des Flüssigkeitshaushalts der Tiere erschwert wird.

2007 wird von STEIN et al. der Effekt verschiedener Narkotika auf die Echokardiographische Beurteilung der linksventrikulären Strukturen und Funktionsparameter an Ratten untersucht. Dazu werden drei Anästhesie-Modelle verglichen: Injektion von Pentobarbital (25 mg/kg i.p.), Isofluran-Inhalation (1,5 %) und die Injektion eines Ketamin/Xylazin-Gemisches (37 mg/kg Ketamin und 7 mg/kg Xylazin, i.p.).

Die Gruppen bestehen aus je 25 Tieren. Eine Kontrollgruppe von 5 Tieren wird im Wachzustand untersucht. Postmortem-Untersuchungen dienen der Validierung der Messungen der Dimensionen und der Masse des linken Ventrikels. Unter Pentobarbital kommt es zu einem Anstieg der Ejektionsfraction (EF), der prozentualen Verkürzungsfraction (FS), der prozentualen Flächenveränderung (FAC) und zu einem Anstieg der Herzfrequenz. Das enddiastolische Volumen und der diastolische linksventrikuläre Innendurchmesser (LVE_dD) verringern sich signifikant.

Unter dem Ketamin/Xylazin-Gemisch wird das Auswurfvolumen (CO) signifikant kleiner als in den anderen Gruppen.

Beste postmortem Korrelationen lassen sich in der Pentobarbital-Gruppe beobachten, ebenso die besten Zusammenhänge mit den Wachmessungen.

2.3.2 Echokardiographie beim Pferd

PIPERS und HAMLIN setzen 1977 die M-Mode-Echokardiographie zur Messung von Herzdimensionen und zur Erfassung der Bewegungsmuster von Mitral- und Aortenklappen ein. In den folgenden Jahren werden so zahlreiche Herzerkrankungen mittels Ultraschall-Untersuchungen diagnostiziert.

Mit Hilfe von Kontrastmittelinjektionen werden Flussprofile erstellt und beispielsweise Ventrikelseptumdefekte festgestellt (BONAGURA und PIPERS, 1993; PIPERS et al., 1985).

Wenig später kommt beim Pferd die Schnittbildechokardiographie (= 2D-Ultraschall) zum Einsatz. YAMAGA und TOO injizieren 1984 Indocyaningrün-Lösungen als Kontrastmittel und können so Vorhöfe und Kammern samt deren Wände sowie die Herzklappen identifizieren und Bewegungsabläufe beobachten.

Bereits damals wird eine Systematik für die 2D-Echokardiographie entwickelt. Die Nutzung eines Linearscanners ermöglicht allerdings keine Darstellung der kurzen Achse.

Untersuchungen von herzgesunden und herzkranken Warmblutpferden zum Zwecke der Standardisierung von Schallkopfpositionen in Anlehnung an die Arbeiten von CARLSTEN (1987) werden in den 80er Jahren an der Tierärztlichen Hochschule Hannover durchgeführt.

Die große Zahl möglicher Schnittebenen durch das Herz sollen auf die klinisch wichtigen Ebenen reduziert werden (s. [Tabelle 55](#)). Außerdem sollen die Untersuchungen klären, ob unterschiedliche Schallkopfpositionen zum Auffinden derselben Herzstrukturen bei herzgesunden und herzkranken Tieren gleichermaßen gelten. Die Pferde werden beidseits im Bereich des 3. bis 4. ICR mit einem 2.5 MHz-Sektorscanner (Eindringtiefe bis 27 cm) untersucht, woraus sich Schnittbilder guter Qualität und Reproduzierbarkeit ergeben. Untersuchungen von der linken Körperseite aus bringen oft Bilder schlechterer Qualität als die von der rechten Körperseite. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass erst ein Beherrschen der Schnittbildechokardiographie ein exaktes Ausrichten des Ultraschallstrahles für die M-Mode-Untersuchung ermöglicht (STADLER et al., 1988).

1990 befasst sich ROBINE im Rahmen seiner Dissertation mit „Morphologischen und funktionellen Messungen am Herzen von Warmblutpferden mit Hilfe der Schnittbildechokardiographie“. Bei 46 Pferden werden die Herzstrukturen gemessen, sowie die prozentuale Verkürzungsfraction und das Volumen des linken Ventrikels bestimmt.

Die Untersuchungen werden in den 1988 von STADLER et al. standardisierten Schallkopfpositionen (s. [Tabelle 55](#)) sowie in einer zusätzlichen Anschallrichtung, nämlich von rechts kaudal in der langen Achse im 5. ICR, etwa handbreit oberhalb des Olekranons in leicht kaudodorsaler Anschallrichtung, die Orientierungsmarke auf 0 bis 5°, vorgenommen. Letztere Schallkopfposition ermöglicht eine größtmögliche Darstellung der Längenausdehnung des linken Ventrikels. Ein Vorstellen der Vordergliedmaße erleichtert die Untersuchungen vor allem im kranialen Bereich. Durch die parallele Aufzeichnung des EKG können die Messungen stets in derselben Phase des Herzzyklus durchgeführt werden (ROBINE, 1990).

2.3.3 Echokardiographie beim Wiederkäuer

Bereits in den 70er-Jahren nutzt man Ultraschall zur Diagnostik von Endokarditiden in der Buiatrik als Ergänzung zu Klinik und Laborbefunden (DEAR und PRICE, 1970; PIPERS et al., 1978b; PIPERS et al., 1985). Versuche, Standards zu erstellen und erste Referenzwerte zu ermitteln, werden unternommen. Für die Messungen wird ein 2,5 MHz-Schallkopf verwendet. Ergänzend zur echokardiographischen Untersuchung werden Elektrokardiogramm und/oder Phonokardiogramm aufgezeichnet, was ermöglichen soll, Befunde den Herzaktionen zuzuordnen und letztendlich haemodynamische Berechnungen vorzunehmen. Die Darstellung erfolgt in A-, B- und M-Mode. Zur Darstellung der Mitralklappe wird der Schallkopf im fünften rechten Interkostalraum, etwa 25 cm vom Sternum entfernt positioniert und der Schallstrahl nach kraniodorsal gerichtet. So entstehen Aufnahmen der Kammern von apikal in Richtung der Herzbasis. Es werden unter anderem der Kammerdurchmesser, die Aortenwurzel und die Mitralklappen vermessen (s. [Tabelle 50](#)). Aus Mangel an Erfahrung orientiert man sich an der Vorgehensweise in der Humanmedizin (PIPERS et al., 1978a).

Kontrastechokardiographie dient zur Diagnostik bei Tieren mit angeborenem Herzfehler oder auch erworbenen Herzerkrankungen. Hierfür wird als Kontrastmittel eine Indocyaningrün-Lösung (5 mg/ml) gemischt mit gleichen Volumina 0,9 % NaCl-Lösung injiziert (6-10 ml pro Kalb). Die Darstellungen erfolgen im M-Mode mithilfe einer 2,25 MHz-Sonde. Die zum Teil sedierten Tiere werden in linke Seitenlage verbracht, das Kontrastmittel direkt in den linken Ventrikel injiziert. Parallel zur echokardiographischen Aufnahme zeichnet man ein EKG auf. Vor der Euthanasie der Tiere werden Herzkatheteruntersuchungen durchgeführt. Ergebnisse der Messungen von Herzdimensionen werden jedoch nicht veröffentlicht (BONAGURA und PIPERS, 1993).

Spektakuläre Zufallsbefunde erhalten REEF und HATTEL bei der Untersuchung eines vier Monate alten Holstein Bullen mit lautem Herzgeräusch und wiederholtem Fieber. Mittels M-Mode und Kontrastmittelinjektion können eine Fallot'sche Tetralogie sowie myokardiale Abszesse diagnostiziert werden.

(Anmerkung: Fallot Tetralogie = eine angeborene Herzfehlbildung, welche beinhaltet: 1. Pulmonalstenose, 2. Ventrikelseptumdefekt, 3. nach rechts verlagerte, über dem VSD reitende Aorta und 4. Rechtsherzhypertrophie)

Aufgrund des Fehlens von Referenzwerten für Kälber orientiert man sich an denen für ausgewachsene Rinder und versucht, sie anhand von Körpergewicht und Körperoberfläche der Tiere zu übertragen. Messungen werden mittels einer 2,25 MHz-Sonde im rechten 4. ICR durchgeführt. Gemessen werden Kammerdurchmesser, Wandstärke und Achsenverkürzung (s. [Tabelle 51](#)). Die Untersucher orientieren sich an der Vorgehensweise von PIPERS et al. (1978a) (REEF und HATTEL, 1984).

Im gleichen Jahr werden in Japan 2D- und M-Mode-Untersuchungen an gesunden Rindern, Ziegen, Pferden und Hunden vorgenommen. Ziel ist die Sammlung von Informationen für die klinische Anwendung der Technik. Es werden Linear-Sonden mit Frequenzen zwischen 2,25 und 5,0 MHz verwendet.

Eine Betrachtung der Ventilebene des Rindes (s. [Abbildung 2](#)), sowie eine Beurteilung der Funktion der Mitralklappe bereiten Schwierigkeiten, nicht nur auf Grund der Schallkopfpositionierung, sondern auch durch störende Einflüsse der Ossa cordis. Ergebnisse der Messungen für das Rind werden 1986 in einem weiteren Artikel veröffentlicht (s. [Tabelle 52](#)), die angewendeten Schallkopfpositionen bereits 1984 (s. [Tabelle 52](#)) (YAMAGA und TOO, 1984); (YAMAGA und TOO, 1986).

1987 veröffentlichen MOSES und ROSS mittels M-Mode beim gesunden, adulten Schaf ermittelte Referenzwerte (s. [Tabelle 54](#)). Für die Studie werden 21 Schafe im Alter von zwei bis fünf Jahren mit einem durchschnittlichen Gewicht von 73,5 kg (55,0-95,0 kg) untersucht. Die Tiere werden stehend fixiert und unsediert von der rechten Körperseite aus soweit möglich nach den Richtlinien der „American Society of Echocardiography“ untersucht. Es werden lineare Regressionsanalysen für den Zusammenhang der Werte zu Körpergewicht und Herzfrequenz durchgeführt. Die für den linksventrikulären Durchmesser, das Interventrikulärseptum, den enddiastolischen Durchmesser des Aortenbulbus und die linksatriale Fläche während der Ventrikelsystole ermittelten Werte korrelieren positiv signifikant mit dem Körpergewicht der Schafe ($p < 0,05$). Die Herzfrequenz der Tiere korreliert negativ signifikant mit dem

Körpergewicht der untersuchten Schafe ($r = -0,438$). Durch Vergleiche der Werte mit denen anderer Spezies kommt man zu dem Schluss, dass die erhaltenen Daten weitgehend denen des Menschen ähneln, weniger denen des Hundes (MOSES und ROSS, 1987).

1987 werden in Japan Untersuchungen an 40 Kälbern durchgeführt. Hierbei wird der Einsatz von Linear- und Sektorsonde verglichen, sowie einige Messungen mittels Doppler vorgenommen. Die Tiere werden zur Untersuchung mittels Xylazin sediert. Kälber werden in Seitenlage, adulte Tiere stehend untersucht. Messwerte wurden jedoch nicht veröffentlicht (HAGIO et al., 1987).

1990 berichten REHAGE et al. von einer Fallot'schen Tetralogie bei einem Kalb. Die echokardiographische Untersuchung wird mittels einer 3,5 MHz Sonde vorgenommen. Ergänzende Befunde liefern Herzkatheterisierung und Kontrastmitteldarstellung. Die Schnittbildebene orientieren sich an den von STADLER et al. (1988) für das Pferd erarbeiteten (s. [Tabelle 55](#)). Die Ergebnisse der Messungen sind nicht veröffentlicht.

1991 veröffentlichen AMORY et al. Ergebnisse ihrer Messungen an 18 gesunden Kälbern der Rassen Holstein Friesian und Blauweißer Belgier. Allerdings wird nur die linke Herzhälfte berücksichtigt. Die Tiere werden stehend von rechts parasternal mittels 2D- und M-Mode untersucht, wobei je nach Körpergröße der Tiere entweder eine 3,75 MHz- oder eine 5,0 MHz-Konvexsonde zum Einsatz kommt. Zur Vereinfachung der Untersuchung wird die rechte Vordergliedmaße der Tiere so weit wie möglich nach vorne gestellt. Die Sonde platziert man auf Herzhöhe im rechten 5. ICR, parallel zu den Rippen. Zunächst erfolgt die Darstellung der Mitralklappen und des linken Ventrikels. Messungen im M-Mode werden hier auf Höhe der Chordae tendineae, unterhalb des Bereichs, den die Spitzen der Mitralklappensegel am Ende der Diastole erreichen, vorgenommen. Hier kann der maximale Durchmesser der linken Kammer ermittelt werden. Zur Darstellung des linken Ausflusstraktes in der langen Achse wird die Sonde in eher kраниokaudale Richtung gedreht. Teilweise muss die Sonde um einen Interkostalraum nach vorne versetzt werden. In dieser Position wird der Innendurchmesser der Aorta und der Durchmesser des linken Vorhofs gemessen. Bei

gleichbleibender Schallkopfposition den Sondenkopf um 90° im Uhrzeigersinn drehend, erzielt man einen rechts parasternalen Kurzachsenschnitt des Herzens. Durch vorsichtiges Kippen der Sonde werden die Papillarmuskeln sichtbar gemacht. Verschiedene Messwerte können so während Systole und Diastole im 2D-Mode ermittelt werden (s. [Tabelle 55](#)).

Die Präzision der Messwerte wird dadurch gewährleistet, dass 10 Tiere an zwei unterschiedlichen Tagen von einer Person untersucht und danach getötet werden.

2D- und M-Mode-Ergebnisse stimmen weitgehend überein und korrelieren (wenngleich nur gering) mit den postmortem ermittelten Werten (AMORY et al., 1991).

In einer darauf aufbauenden Arbeit untersuchen AMORY und LEKEUX (1991) inwiefern Alter, Körpergewicht und Körperoberfläche der Tiere die funktionellen und morphologischen echokardiographischen Werte beeinflussen. Die funktionellen Parameter hängen dabei nicht von der Körpergröße ab. Außer dem systolischen ventrikulären Innendurchmesser korrelieren die gemessenen Werte eng mit Gewicht, Alter und Körperoberfläche. Die Zusammenhänge werden durch Regressionsanalysen zusammengefasst. Im Gegensatz zu der vorangegangenen Arbeit werden hier auch Angaben zu Messergebnissen für den rechten Ventrikel gemacht (s. [Tabelle 57](#)).

1992 wird von VORÖS et al. ein Artikel veröffentlicht, der dem praktischen Tierarzt die diagnostischen Möglichkeiten der 2D-Echokardiographie beim Rind aufzeigen soll. Für erwachsene Rinder wird die Untersuchung mittels 2,0 – 3,5 MHz Sektorsonde empfohlen, für die Untersuchung von Kälbern je nach Körpergröße Sektorsonden einer Frequenz zwischen 3,0-6,0 MHz. Der Schallkopf soll beiderseits im dritten oder vierten Interkostalraum aufgesetzt werden. Die Autoren empfehlen die 1988 von STADLER et al. für Pferde entwickelten Messpositionen (s. [Tabelle 55](#)). Anhand von Beispielen wird gezeigt, dass die Echokardiographie die klinische Untersuchung sinnvoll ergänzen kann und somit zur Beurteilung von Verlauf, Prognose und Therapieerfolg beitragen kann.

Im Rahmen der Dissertation von SCHWEIZER (1998) werden echokardiographische Messungen an 51 gesunden Kühen unterschiedlicher Rassen durchgeführt. Es wird das Erscheinungsbild des Kuhherzens im Ultraschall beschrieben und die Herzdimensionen ausgemessen. Anschallrichtung und Rotation des Schallkopfes werden bestimmt. Die Darstellung des Herzens erfolgt beidseits in der langen und kurzen Achse vom vierten Interkostalraum aus. In der langen Achse können alle vier Abschnitte des Herzens samt den Atrioventrikularklappen dargestellt werden, in einer zweiten Ebene auch der linksventrikuläre Ausflusstrakt. Die kurze Achse zeigt beide Ventrikel im Querschnitt. Vom rechten 3. ICR aus werden in der langen Achse der rechte Ventrikel, die Trikuspidalklappen und die Pulmonalklappen mit dem rechtsventrikulären Ausflusstrakt dargestellt. Im linken 4. ICR in der langen Achse sind alle vier Herzkammern mit den Vorhofklappen, in einer zweiten Ebene das rechte Herz und der linke Ventrikel mit dem linksventrikulären Ausflusstrakt sichtbar. Links im dritten Interkostalraum werden die rechte Kammer, die Pulmonalklappen sowie die schräg angeschnittene Aorta dargestellt. Alle Schallebenen werden im 2D-Mode untersucht, die lange Herzachse rechts im 4. ICR zusätzlich im M-Mode. Mit Ausnahme der Pulmonalklappen, welche vom linken dritten Interkostalraum aus am besten sichtbar sind, können alle Strukturen am besten von der rechten Seite im 4. ICR dargestellt werden (Schallkopfpositionen s. [Tabelle 58](#), Messwerte s. [Tabelle 60](#)).

BRAUN et al. (2001) zeigen dass die Darstellbarkeit der Strukturen von der Körperkondition des Tieres abhängig ist (BRAUN et al., 2001).

Des Weiteren berichten BRAUN und SCHWEIZER (2001) in einer folgenden Arbeit, dass zwischen Körpergewicht und Herzgewicht eine deutliche Korrelation besteht ($r = 0,73$; $p < 0,05$). Sie weisen darauf hin, dass zur Interpretation der ermittelten Werte immer die Körperkondition des Tieres beachtet werden muss.

2007 veröffentlichen HALLOWELL et al. Referenzwerte für gesunde erwachsene Rinder der Rassen Jersey und Holstein Friesian. Ziel ihrer Studie ist es, das normale Herzen im Ultraschall sowie die intrakardialen Dimensionen zweier Milchviehrassen vergleichend zu beschreiben und die Auswurfleistung des Herzens mittels Echokardiographie zu bestimmen. Die Tiere werden stehend unsediert untersucht, links im 3. und 4.

Interkostalraum, rechts im 4. und 5. Interkostalraum. Es werden Aufnahmen im 2D-Mode, im M-Mode und mittels Doppler angefertigt. Zeitgleich wird ein EKG aufgezeichnet. Durch eine Korrektur der einzelnen Werte über das jeweilige Gewicht der Tiere kann ein direkter Vergleich zwischen den Rassen vorgenommen werden. Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) ergeben sich dadurch lediglich für den Durchmesser des rechten Ventrikels in Systole und Diastole, die Stärke des Interventrikulärseptums in der Systole und den Durchmesser des linken Ventrikels in der Systole.

2008 werden Daten einer Studie von RIOJA et al. veröffentlicht, deren Ziel es war, den sedativen und kardiopulmonalen Effekt von Medetomidin und Xylazin beim Kalb und deren Erholung nach Injektion von Atipamezol (Antisedan®) zu vergleichen. Im Rahmen des Versuchs werden 25 Kälber untersucht. Jeweils 35 Minuten nach Verabreichung von Medetomidin (0,03 mg/kg) bzw. Xylazin (0,3 mg/kg) werden die Veränderungen auf Herz und Kreislauf dokumentiert. Beide Medikamente erzeugen einen ähnlich sedativen Effekt, welcher unter Medetomidin jedoch länger anhält als unter Xylazin. Beide Verfahren führen zu einem Abfall der Herzfrequenz, des kardialen Index und des Sauerstoff-Partialdrucks im Blut, während der zentrale Venendruck, der Lungenarteriendruck und der Partialdruck von CO₂ zunehmen. Der systemische arterielle Blutdruck und der Gefäßwiderstand steigen unter Medetomidin, sinken aber unter Xylazin-Einwirkung. Durch Gabe von Atipamezol können die Wirkungen beider Narkosen aufgehoben werden.

2008 berichten CESBRON et al. im Rahmen des 25. Welt-Buiatrik-Kongresses in Budapest von echokardiographischen Referenzwerten gesunder Holstein-Friesian-Kälber. 15 Tieren im Alter von 2-4 Wochen werden stehend von beiden Körperseiten aus mittels 2D- und M-Mode untersucht:

kraniale und kaudale lange Achse von rechts, kaudale kurze Achse von rechts und kaudale lange Achse von links. Es wird ein 2,5 MHz Konvex-Schallkopf verwendet. Zu den ermittelten Parametern gehören der linksventrikuläre Innendurchmesser in Diastole und Systole (LVE_dD/LVE_dS), die Stärke des Interventrikulärseptums in Diastole und Systole (IVS_d/IVS_s), der Durchmesser der Aorta in der Diastole (Ao_d) und der

Durchmesser des linken Vorhofs (LA). Aus letzt genannten Daten wird das Größenverhältnis von linkem Vorhof und Aorta zueinander berechnet (LA/Ao).

Folgende Referenzbereiche werden angegeben:

LVEdD:	44,57 ± 6,53 [mm]	LVEDs:	30,07 ± 5,82 [mm]
IVSd:	11,90 ± 2,33 [mm]	IVSs:	16,64 ± 2,19 [mm]
Ao d:	31,18 ± 3,02 [mm]	LA:	34,31 ± 4,26 [mm]
LA / Ao:	1,11 ± 0,17		

Die ermittelten Referenzwerte gleichen denen von Hunden ähnlichen Gewichts. Das Verhältnis LA/Ao ist im Vergleich zu Arbeiten von AMORY et al. (1991) etwas höher.

2.4 PHARMAKOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN VON XYLAZIN UND ISOFLURAN

2.4.1 Xylazin

Xylazin ist ein in der Veterinärmedizin sehr weit verbreitetes, antagonisierbares Sedativum, Muskelrelaxans und Analgetikum aus der Klasse der Thiazinamine. Chemisch und pharmakologisch ähnelt es dem als Blutdrucksenker in der Humanmedizin eingesetzten Clonidin.

Xylazin wirkt als zentraler und peripherer α_2 -Adrenozeptor-Agonist. Die schmerzstillende Wirkung (Analgesie) ist tierartlich unterschiedlich ausgeprägt und hält etwa 20 Minuten an. Die Wirkung auf den Blutkreislauf ist zeitabhängig.

Zunächst kommt es für etwa 15 Minuten durch eine Stimulierung der peripheren α_2 -Adrenozeptoren zu einem Anstieg des Blutdrucks sowie zu einer Reduktion der Herzfrequenz. Anschließend führt die nun überwiegende Wirkung auf die zentralen α_2 -Adrenozeptoren im Kreislaufzentrum zu einer Abfall der Sympathikus-Aktivität und damit zu einem anhaltenden Abfall des Blutdrucks und einer Minderung der Erregbarkeit des Herzens, die durch Atropin aufgehoben werden kann (EBERT et al., 2008).

Xylazin aktiviert das parasympathische und hemmt das sympathische Nervensystem, in dem es das Vasomotorenzentrum und die Barorezeptorenaktivität unterdrückt. Ein Blutdruckabfall wird somit toleriert. Es sensibilisiert das Myokard für Katecholamine, was zu Rhythmusstörungen führen kann. Das Herzminutenvolumen wird reduziert. Die Wirkung von Xylazin kann durch die Gabe von Atipamezol vollständig und ohne Nebenwirkung aufgehoben werden. Eine sedative Prämedikation mit Xylazin kann die notwendige Dosis von Inhalationsanästhetika um bis zu 30 % reduzieren (ERHARDT et al., 2004).

Bei Rind, Schaf und Ziege darf Xylazin derzeit in Deutschland als 2%-ige Lösung zur Sedierung, Muskelrelaxation und Analgesie bei kleineren Eingriffen angewendet werden. In Kombination mit anderen Substanzen ist Xylazin beim Wiederkäuer zur Anästhesie zugelassen (vetidata.de, 2009)

2.4.2 Isofluran

Isofluran ist ein volatiles Anästhetikum aus der Gruppe der Flurane. Es ist ein halogenierter Ether, ein Strukturisomer des Enfluran.

Isofluran erzeugt gute hypnotische, gute muskelrelaxierende und schwach analgetische Wirkung. Bei klinisch gesunden Tieren verursacht es nur geringe negative Inotropie, allerdings kommt es durch Vasodilatation zu einer Verringerung des peripheren Gefäßwiderstandes und dadurch zu einer kompensatorischen Tachykardie und einem Absinken des Blutdrucks. Das Schlagvolumen kann leicht abnehmen. Die Reizleitung des Myokards wird nicht gedämpft, es kommt nicht zur Sensibilisierung für Katecholamine. Die Atemdepression unter Isofluran ist dosisabhängig (ERHARDT et al., 2004).

Beim Rind sollte Isofluran lediglich zur Erhaltung der Allgemeinanästhesie verwendet werden. Die Prämedikation sollte mit einem α -Agonisten erfolgen. Zur Einleitung können intravenöse Gaben von Ketamin oder Tiamylal eingesetzt werden, gefolgt von einer endotrachealen Intubation. Eine Einleitung mit Isofluran via Gesichtsmaske kann nur bei Neugeborenen und schwer kranken Tieren angewendet werden (vetpharm.uzh.ch, 2009).

Isofluran ist in Deutschland bei lebensmittelliefernden Tieren nicht zugelassen, darf aber in der dritten Umwidnungskaskade in der Kälberchirurgie angewendet werden (vetidata.de, 2009).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 MATERIAL UND METHODIK

3.1.1 Probanden

Untersucht wurden insgesamt 50 Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh in einem Alter von maximal drei Monaten. Das Gewicht durfte 80 kg nicht überschreiten. Das Vorliegen eines Herzgeräusches oder einer Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems führte zum Ausschluss von der Studie. Alle Tiere waren zur Zeit der Untersuchung Patienten der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München.

20 Tiere wurden kurz vor der Entlassung aus der Klinik lediglich im Wachzustand untersucht. Für 30 Kälber wurden die Parameter zusätzlich zur Wachmessung unter Narkose bestimmt, davon 15 Tiere unter Einwirkung von 2%iger Xylazin-Lösung und weitere 15 unter reiner Isofluran-Narkose. Alle Tiere wurden lediglich zu therapeutischen Zwecken (z. B. Röntgenkontrolle, Wundtoilette, Operation von Nabelentzündungen) in Narkose versetzt.

3.1.2 Vorbereitung der Tiere

Zunächst wurden die Kälber einer gründlichen Allgemeinuntersuchung nach den Richtlinien für die klinische Untersuchung des Rindes (STÖBER und GRÜNDER, 1990) unterzogen, wobei besonders auf Störungen des Herz-Kreislauf-Systems geachtet wurde. Danach wurden alle Tiere gewogen und die rektale Körpertemperatur mittels eines handelsüblichen digitalen Fieberthermometers erfasst. Im Rahmen der Eingangsuntersuchung erfolgte routinemäßig eine Bestimmung diverser Blutparameter. Hämoglobingehalt und Hämatokrit wurden in die Datensammlung aufgenommen. Damit eine gute Ankopplung zwischen Haut und Schallkopf erzielt werden konnte, wurde das Fell der Kälber rechts im Bereich des 3. bis 5. Interkostalraums (ICR) vom Sternum aus bis kurz oberhalb des Olekranons geschoren, die Haut mit 70%igem Alkohol entfettet und reichlich Kontaktgel (Heiland Vet GmbH & Co. KG, Hamburg) aufgetragen. Alle Tiere wurden dann in rechte Seitenlage verbracht, damit eventuelle Einflüsse auf die Herzdimensionen durch Lagerung ausgeschlossen werden konnten.

3.1.3 Elektrokardiogramm

Damit die erhaltenen Messdaten den Herzphasen korrekt zugeordnet werden konnten, wurde parallel zu den echokardiographischen Untersuchungen ein Elektrokardiogramm (EKG) in der Ableitung modifiziert nach SPÖRRI und SANDER (STÖBER und GRÜNDER, 1990) aufgezeichnet. Hierzu wurden drei Elektroden (Dahlhausen, EKG-Elektroden, Köln) links am Tier angebracht:

1. praescapulär
2. im 5. ICR auf Herzhöhe
3. in der Hungergrube.

Die entsprechenden Stellen mussten zuvor rasiert und mit 70%igem Alkohol entfettet werden. Der Zeitpunkt für die enddiastolische Messung wurde zu Beginn des QRS-Komplexes, der für die endsystolische Messung nach der T-Welle festgelegt (s. [Abbildung 3](#)) (DUKES-McEWAN et al., 2002).

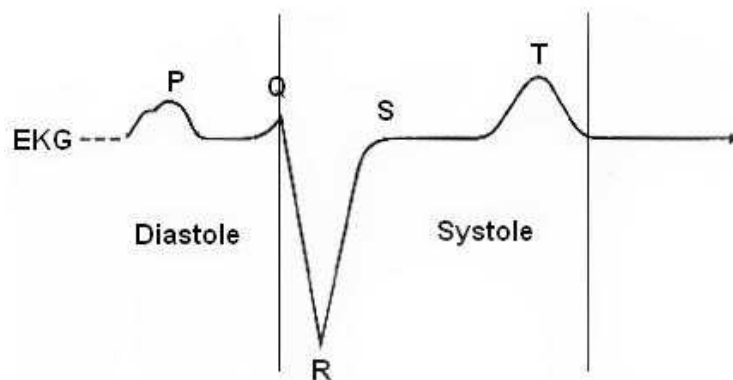


Abbildung 3

Elektrokardiogramm eines Rindes in der modifizierten bipolaren Ableitung nach SPÖRRI und SANDER (STÖBER und GRÜNDER, 1990)

3.1.4 Vorbereitung zur Echokardiographischen Untersuchung

Für die Untersuchung der Tiere wurde ein Untersuchungstisch (max. Tragkraft 120 kg) angefertigt. Die Tiere wurden in rechter Seitenlage so fixiert, dass die Vordergliedmaßen so weit wie möglich nach vorne gestreckt waren (s. [Abbildung 4](#)). Ein Ausschnitt im Tisch ermöglichte die Untersuchung der Kälber von unten, mit dem Vorteil, dass sich das Herz schwerkraftbedingt der seitlichen Brustwand annähert und die Lungen weniger störend in das akustische Fenster reichen (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).



Abbildung 4 Versuchsaufbau: Kalb in rechter Seitenlage auf dem Lochstisch, Hilfsperson zur zusätzlichen Fixierung des Tieres, links Ultraschallgerät (EUB-8500 CV, Hitachi, Japan)

3.1.5 Echokardiographische Untersuchung von sedierten oder narkotisierten Tieren

Im Anschluss an die im Wachzustand angefertigten echokardiographischen Aufnahmen wurden 15 Kälber mittels einer 2%-igen Xylazin-Lösung (0,2 mg/kg KG i.m.) sediert und 10 Minuten nach Injektion erneut untersucht.

15 Tiere, die für eine Operation vorgesehen waren wurden präoperativ zunächst im Wachzustand und danach unter reiner Inhalationsnarkose mit Isofluran (Einleitung der Narkose mit Isofluran über Maske, nach Intubation Aufrechterhaltung der Narkose mittels 1,5–2 % Isofluran, 8-16 ml O₂/kg KG, im halbgeschlossenen System, Dräger Sulla 808V) untersucht. Mit den Aufzeichnungen wurde 10 Minuten nach Intubation begonnen.

3.2 DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN

Verwendet wurden das Sonographiesystem EUB-8500 CV, Hitachi, Japan, eine Phased-Array-Sonde mit 90° Sektorwinkelung (EUP S50 A, Hitachi, Japan), deren Frequenz in fünf Stufen von 2,0 bis 4,0 MHz schaltbar war und für diese Arbeit in einer Frequenz von 2,5 MHz mit einer Eindringtiefe von 110-140 mm genutzt wurde. Die Vorgehensweise orientierte sich weitgehend an der von SCHWEIZER (1998) beschriebenen (s. [Tabelle 57](#)).

Alle Messungen wurden mindestens dreimal durchgeführt, von den erhaltenen Messwerten wurde anschließend der Mittelwert gebildet. Zur Beurteilung der Reproduzierbarkeit der Methode war es notwendig, den Schallkopf jedes Mal neu aufzusetzen und die entsprechende Schnittebene jeweils erneut einzustellen. Entsprechend der Richtlinien der American Society of Echocardiography wurden die Messungen im M-Mode nach der „Leading edge Methode“ durchgeführt, d.h. Messung von der Vorderkante eines Echos zur Vorderkante des folgenden Echos. Am Standbild wurde die sog. „inner edge Methode“ angewendet. Damit die Belastung durch die Untersuchung für die Tiere möglichst gering gehalten werden konnte, wurden von den benötigten Schnittebenen Aufzeichnungen (sog. Avi-Files) von jeweils 5–10 Sekunden Dauer angefertigt und diese nachträglich am Computer mit Hilfe der zugehörigen Software (Hitachi US Image Viewer, Hitachi Medical Corporation) ausgewertet.

Die Reihenfolge der Messungen erfolgte in der nachstehend dargestellten Weise.

3.2.1 zweidimensionale Darstellung der rechten kaudalen Längsachse (sog. Vierkammer-Blick)

In dieser Einstellung sollten Vorhöfe und Kammern möglichst vollständig erfasst werden (s. [Abbildung 5](#)). Man orientierte sich am Interventrikulärseptum (IVS), welches im Optimalfall als gleichmäßig starker Strang fast horizontal verläuft. Für die Durchführung präziser Messungen sollten die Papillarmuskeln weitestgehend ausgeblendet werden. Zunächst wurden die einzelnen Strukturen in der Bewegung beurteilt, danach am Standbild. Die Dimensionen des linken Vorhofs wurden erst linear in Form der Längs- und Querdurchmesser (LAL, LAQ), danach planimetrisch, d.h. flächenhaft, (FLA) jeweils in Systole und Diastole bestimmt. Zusätzlich wurde der Längsdurchmesser der linken Kammer (LVL) ausgehend von der Apex bis zur Basis der Mitralklappe in beiden Herzphasen gemessen.

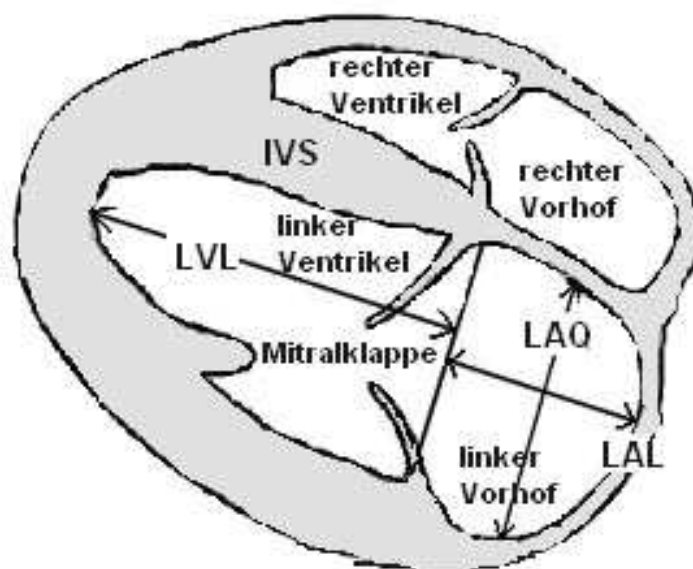
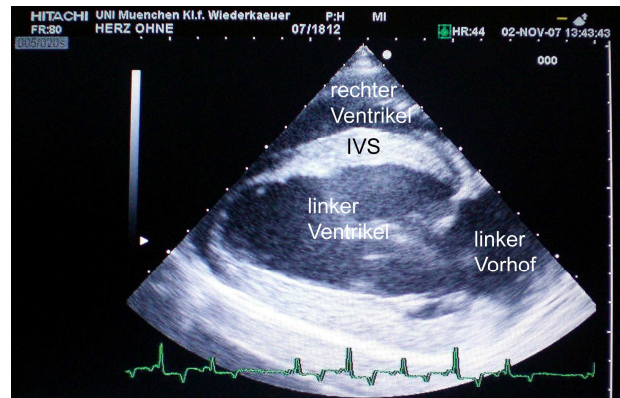


Abbildung 5 Ultraschallansicht und schematische Darstellung einer rechten kaudalen Längsachse (sog. Vier-Kammer-Blick)

Interventrikulärseptum (IVS), Längsdurchmesser des linken Ventrikels (LVL), Längsdurchmesser des linken Vorhofs (LAL), Querdurchmesser des linken Vorhofs (LAQ)

3.2.2 M-Mode der rechten kaudalen Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln, ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (PMO)

Bei gleich bleibender Schnittebene wurde in den M-Mode gewechselt und der Messstrahl in Höhe der Papillarmuskeln senkrecht auf das Interventrikulärseptum gerichtet (s. [Abbildung 6](#)). In Diastole und Systole wurden jeweils Messungen von rechtsventrikulärem Durchmesser (RVDd, RVDs), Dicke des Interventrikulärseptums (IVSd, IVSs), linksventrikulärem Durchmesser (LVEDd, LVEDs) und der Wand der linken Kammer (LVPWd, LVPWs) durchgeführt. Durch ein in das Gerät integriertes Messprogramm wurde aus den gewonnenen Daten automatisch die Auswurfraction (ejection fraction = EF[%]), das Schlagvolumen (stroke volume = SV[ml]) und die prozentuale systolische Durchmesserverkürzung des linken Ventrikels (fractional shortening = FS[%]) berechnet. Folgende Formeln wurden verwendet:

$$(1) \quad FS[\%] = \frac{(LVEDd - LVEDs) * 100}{LVEDd}$$

(POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS (1998))

$$(2) \quad EF[\%] = \frac{\text{Schlagvolumen}(LV \text{ Diastole} - LV \text{ Systole}) * 100}{(LV \text{ Diastole})}$$

(FEIGENBAUM (2005))

$$(3) \quad SV[ml] = LV \text{ Diastole} - LV \text{ Systole}$$

mit

$$(4) \quad LV \text{ Diastole}[ml] = \frac{7,0 * LVEDd^3}{2,4 + LVEDd}$$

$$(5) \quad LV \text{ Systole}[ml] = \frac{7,0 * LVEDs^3}{2,4 + LVEDs}$$

(FEIGENBAUM (2005))

(linksventrikuläres enddiastolisches Volumen = LV Diastole)

(linksventrikuläres endsystolisches Volumen = LV Systole)

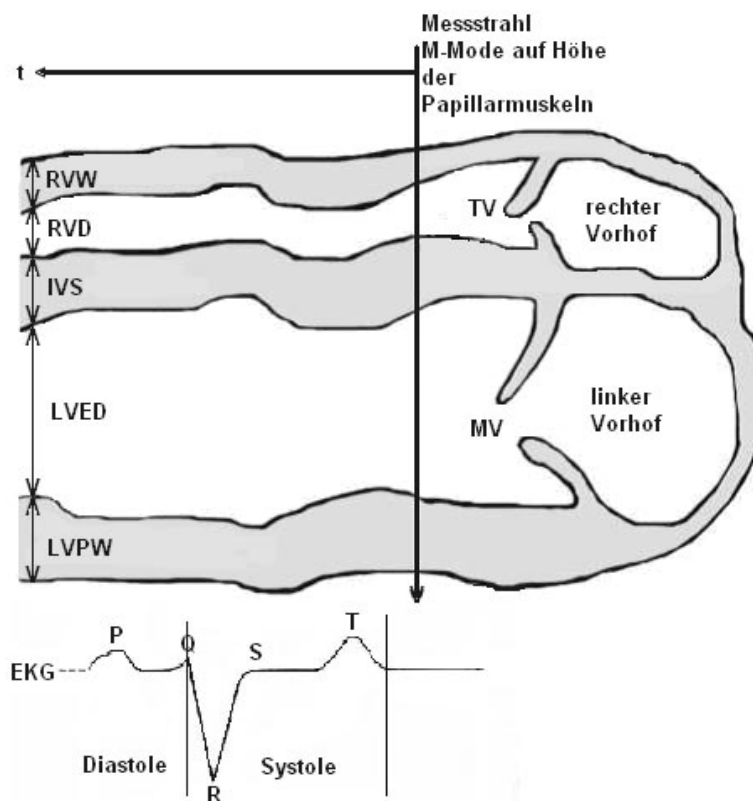
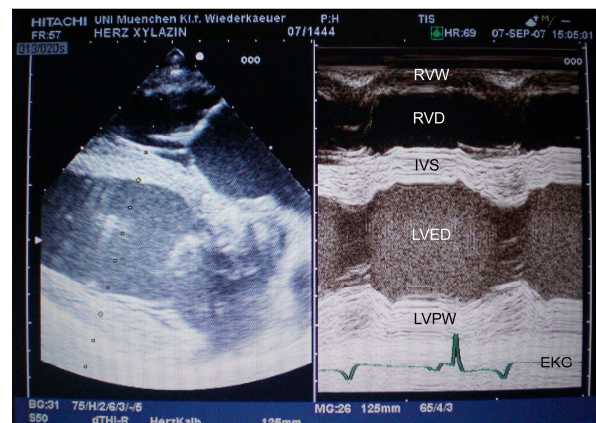


Abbildung 6

Ultraschallansicht und schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne linken Ausflusstrakt auf Höhe der Papillarmuskeln mit parallel aufgezeichnetem EKG Rechte Ventrikelwand (RVW), rechter Ventrikeldurchmesser (RVD), Interventrikulärseptum (IVS), linker Kammerdurchmesser (LVED), Wand des linken Ventrikels (LVPW), Trikuspidalklappen (TV), Mitralklappe (MV)

3.2.3 M-Mode der rechten kaudalen Längsachse auf Höhe der Mitralklappen, ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO)

Danach wurde der Messstrahl des M-Mode kurz unterhalb der Mitralklappe platziert. Damit auch in dieser Schnittebene alle Strukturen möglichst senkrecht zum Messstrahl ausgerichtet werden konnten, wurde der Schallkopf geringfügig im Interkostalraum nach dorsal verschoben. Die Bewegungen der Mitralklappensegel sollen sich im M-Mode optimalerweise in Form eines „M“ darstellen. (*Anmerkung:* Die erste wellenförmige Bewegung kommt dadurch zustande, dass die Klappen dem hohen Druck des blutgefüllten Vorhofs nachgeben, die zweite resultiert aus der Kontraktion des Vorhofs.) Der Punkt „D“ markiert dabei den Beginn der Klappenöffnungsphase. Als Punkt „E“ wird die maximale frühdiaastolische Mitralklappenöffnung bezeichnet. Den Abstand zwischen Punkt „E“ und dem Interventrikulärseptum bezeichnet man mit „EPSS“ (sog. „E-Point to septal separation“). Die bereits auf Höhe der Papillarmuskeln vermessenen Strukturen wurden in dieser Schnittebene gleichermaßen bestimmt (s. [Abbildung 7](#)).

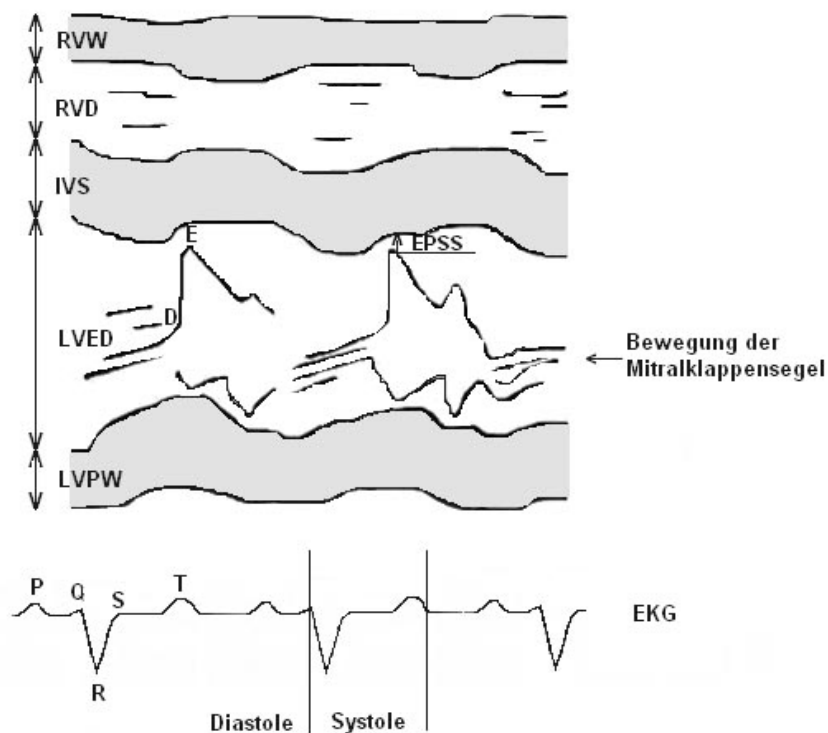
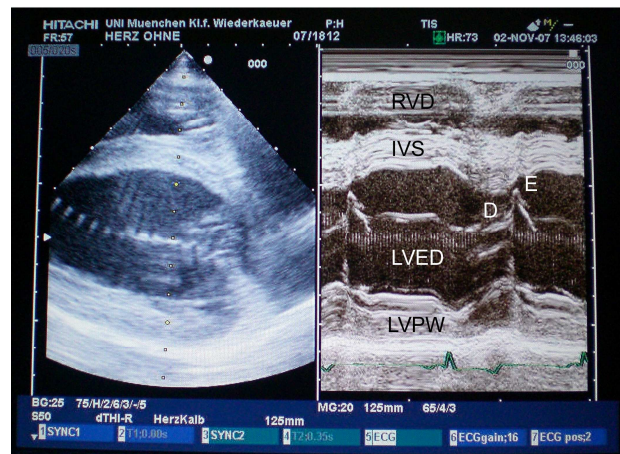


Abbildung 7

Ultraschallansicht und schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Ausflusstrakt auf Höhe der Mitralklappe

Rechte Ventrikelwand (RVW), rechter Ventrikeldurchmesser (RVD), Interventrikulärseptum (IVS), linker Kammerdurchmesser (LVED), Wand des linken Ventrikels (LVPW), Beginn der Klappenöffnung (D), maximale frühdiastolische Mitralklappenöffnung (E), Abstand Punkt E zum Interventrikulärseptum (EPSS)

3.2.4 zweidimensionale Darstellung der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt zur Vermessung des Aortenbulbus

Von den Messungen unter [3.2.3](#) ausgehend wurde der Schallkopf leicht gegen den Uhrzeigersinn gedreht und etwas senkrechter zum Patienten positioniert, damit nun der linke Ausflusstrakt dargestellt werden konnte.

Im B-Mode wurden am Standbild der Durchmesser der Aorta in Klappenhöhe (AoB1), des Aortenbulbus (AoB2) und der Aorta ascendens (AoB3) gemessen. Der Durchmesser der Aorta (AoB3) sollte dabei immer im Abstand $\frac{1}{2}$ -AoB2 zur Messposition des Aortenbulbus (AoB2) entfernt ermittelt werden (s. [Abbildung 8](#)).

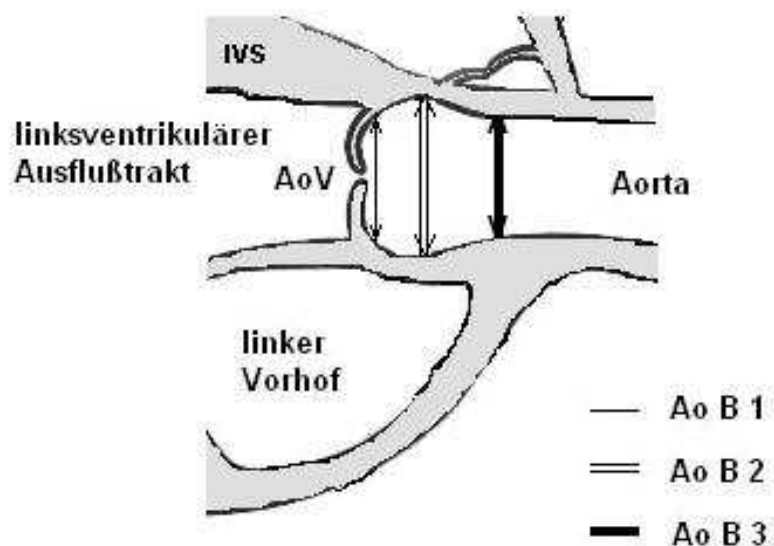
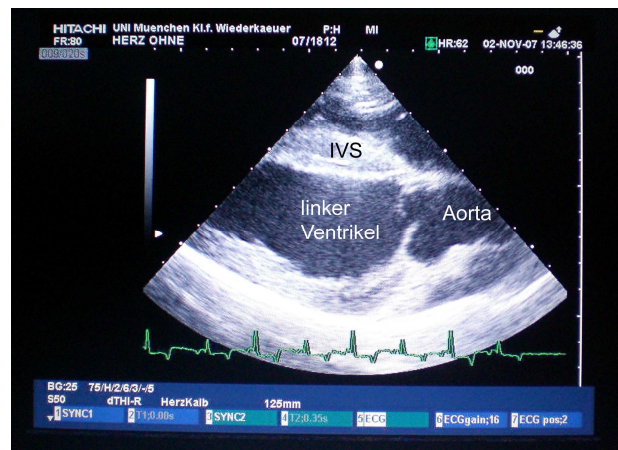


Abbildung 8

Ultraschallansicht und schematische Darstellung des Aortenbulbus zur Messung der Parameter AoB1-3

Längsachsenansicht von rechts mit Darstellung des linken Ausflusstraktes, Aortenklappe (AoV), Durchmesser der Aorta in Höhe der Klappe (Ao B1), Durchmesser des Aortenbulbus (Ao B2), Durchmesser der Aorta ascendens (Ao B3)

3.2.5 M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt, Messungen der Aorta auf Klappenhöhe (M-Mode Aorta)

Nachdem diese Parameter erfasst worden waren, wurde erneut in den M-Mode gewechselt und der Messstrahl senkrecht zur Aortenwand in den Bereich der Aortenklappen gelegt. Hier konnten die Bewegungen der Klappensegel beurteilt, der Durchmesser der Aorta auf Klappenhöhe in der Diastole (Ao d) und der Durchmesser des linken Vorhofs in der Systole (LA s) nach der „leading edge Methode“ bestimmt werden (s. [Abbildung 9](#)). Aus den erhaltenen Daten wurde das Größenverhältnis von linkem Vorhof zur Aorta (LA/Ao) berechnet.

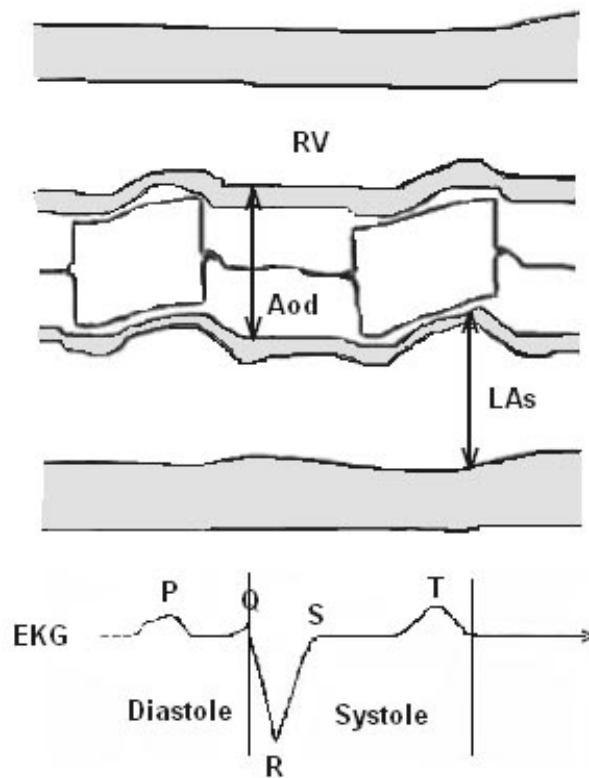
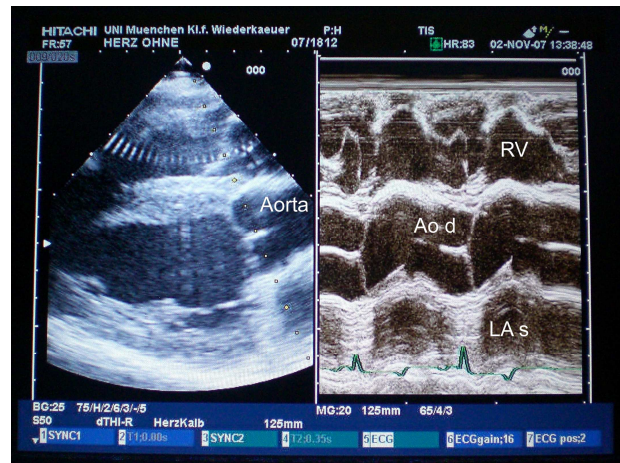


Abbildung 9

Ultraschallansicht und schematische Darstellung der normalen Aortenklappenbewegung im M-Mode

Rechter Ventrikel (RV), Durchmesser der Aorta auf Höhe der Klappe in der Diastole (Ao d), Durchmesser des linken Vorhofs in der Systole (LA s)

3.2.6 M-Mode der rechten kranialen Längsachse auf Höhe der Mitralklappen, mit Darstellung des linken Ausflusstrakts (MV)

Damit die Längsachse mit linkem Ausflusstrakt vermessen werden konnte, musste im Folgenden der Messstrahl erneut in den Bereich der Mitralklappensegel positioniert werden. Bei guter Darstellbarkeit eines Vierkammer-Blickes mit linkem Ausflusstrakt wurden sämtliche Strukturen (wie in [Abbildung 10](#) schematisch dargestellt), entsprechend der in Kapitel [3.2.3](#) beschriebenen Vorgehensweise, in Systole und Diastole gemessen.

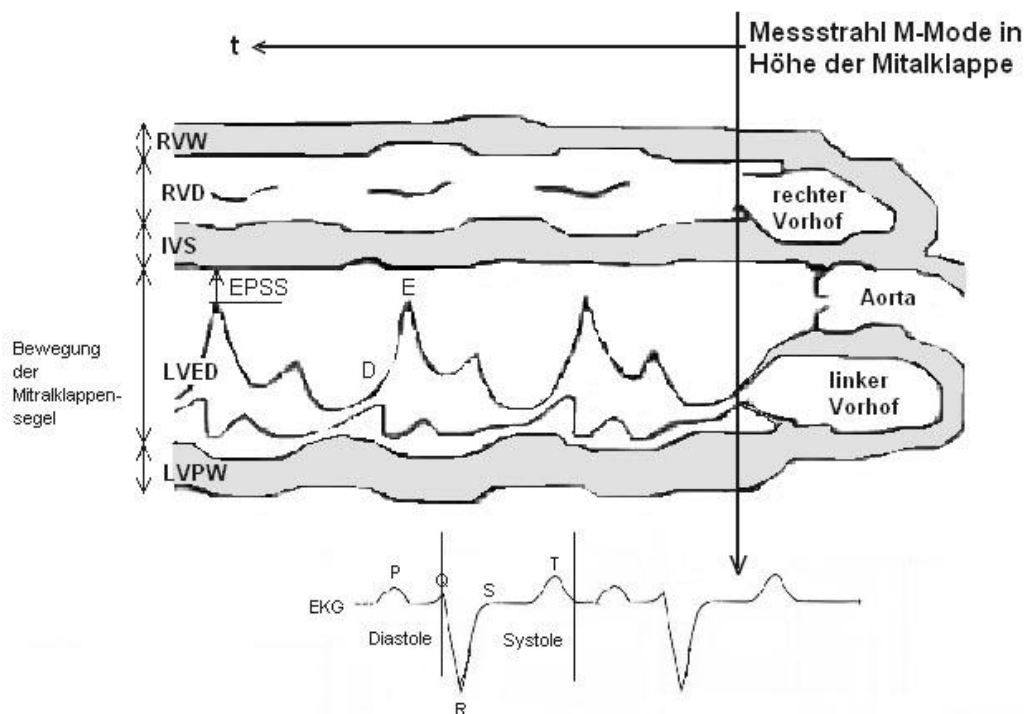


Abbildung 10

Schematische Darstellung eines M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit linkem Ausflusstrakt

rechte Ventrikelwand (RVW), rechter Vorhof (RA), rechter Ventrikeldurchmesser (RVD), Interventrikulärseptum (IVS), linker Vorhof (LA), linker Ventrikeldurchmesser (LVED), Beginn der Öffnung der Mitralklappe (D), maximale frühdiastolische Mitralklappenöffnung (E), Abstand Punkt E zum Kammerseptum (EPSS), Abstand Punkt D zu Punkt E (Strecke DE), linke Ventrikelwand (LVPW)

3.2.7 M-Mode der rechten kranialen Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln, mit Darstellung des linken Ausflusstrakts (PM)

Die Ultraschallsonde wurde nun leicht gekippt, sodass die Papillarmuskeln nicht mehr erkennbar waren und der Messstrahl im oberen Drittel zwischen Apex und Mitralklappe senkrecht auf das Interventrikulärseptum ausgerichtet werden konnte. In dieser Position wurden die verschiedenen Parameter wie bereits unter Kapitel [3.2.2](#) beschrieben vermessen.

3.2.8 Zweidimensionale und M-Mode-Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse, Messungen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk)

Bei im rechten 4. ICR platziertem, zur vorhergehenden Schallkopfposition im Uhrzeigersinn um 90° gedrehtem Schallkopf, fand eine Beurteilung der Kammern im Querschnitt statt. Der Schnitt wurde auf Höhe der Papillarmuskeln gelegt und im 2-D-Mode am Standbild per Konturumfahrung unter Aussparung der Papillarmuskeln eine Berechnung der Fläche des linken Ventrikels innen (Fi) und außen (Fa) in Diastole und Systole durchgeführt. Die prozentuale systolische Flächenveränderung des linken Ventrikels (FAC = fractional area change) wurde anhand der Formel

$$(6) \quad FAC[\%] = \frac{(\text{linksventrikuläre Fläche diastol.} - \text{systol.}) * 100}{\text{linksventrikuläre Fläche diastol.}}$$

für die Innenfläche berechnet (FEIGENBAUM, 2005). Zum Vergleich wurden diese Messungen erneut unter Berücksichtigung der Papillarmuskeln vorgenommen, was als Fi genau, Fa genau und FAC genau bezeichnet wurde. Abhängig von der Darstellbarkeit dieser Schnittebene wurde in dieser Achse mittels M-Mode die Dicke der rechten Ventrikelwand (RVW), der Durchmesser der rechten Kammer (RVD), die Dicke des Interventrikulärseptums (IVS), der Durchmesser des linken Ventrikels (LVED) und die Dicke der Wand des linken Ventrikels (LVPW) in Diastole und Systole gemessen. Der Messstrahl musste hierbei genau achsensymmetrisch zwischen den beiden Papillarmuskeln (PM) hindurch platziert werden (s. [Abbildung 11](#)). War dieses Verfahren nicht anwendbar, wurden die entsprechenden Parameter am 2-D-Standbild erhoben.

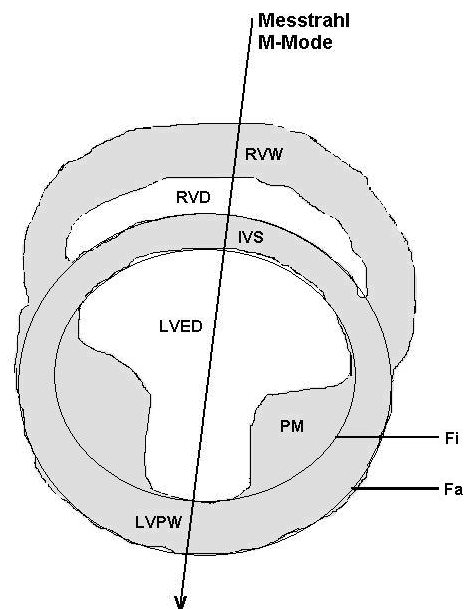
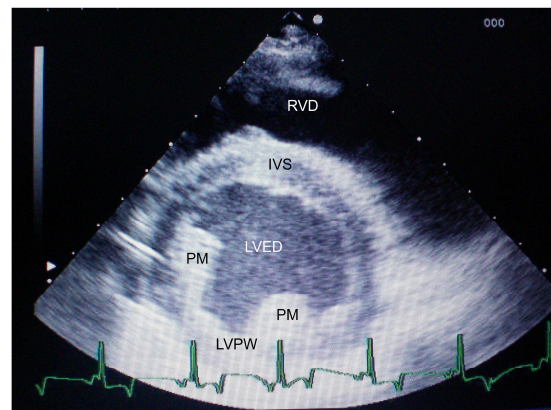


Abbildung 11

Ultraschallansicht und schematische Darstellung einer Kurzachsenansicht von rechts kaudal, auf Höhe der Papillarmuskeln

Wand des rechten Ventrikels (RVW), rechter Ventrikel (RVD), Interventrikulärseptum (IVS), linker Ventrikel (LVED), Papillarmuskeln (PM), Wand des linken Ventrikels (LVPW), Außenfläche des linken Ventrikels (Fa), Innenfläche des linken Ventrikels (Fi)

3.2.9 Zweidimensionale Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse, Messungen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk)

Zur Berechnung der Wandstärke (t) des linken Ventrikels wurde die linke Kammer auf Höhe der Chordae tendineae als Kurzachse dargestellt (s. [Abbildung 12](#)). Durch Annäherung mittels Ellipsenmethode wurde die Fläche des linken Ventrikels in Diastole und Systole jeweils innen (A2) und außen (A1) möglichst genau berechnet. Die Wandstärke t[cm] errechnete sich aus folgender Formel:

$$(7) \quad t[cm] = \left(\frac{\sqrt{A1}}{\pi} \right) - \left(\frac{\sqrt{A2}}{\pi} \right)$$

(BOON, 1998).

Anschließend wurde auch in dieser Schnittebene die Stärke der rechten und linken Ventrikelwand (RVWd/s bzw. LVPWd/s) in Diastole und Systole ermittelt.

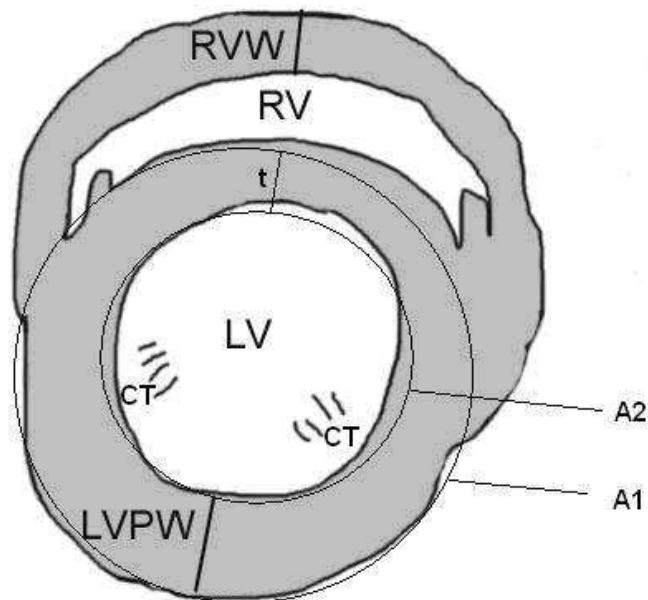
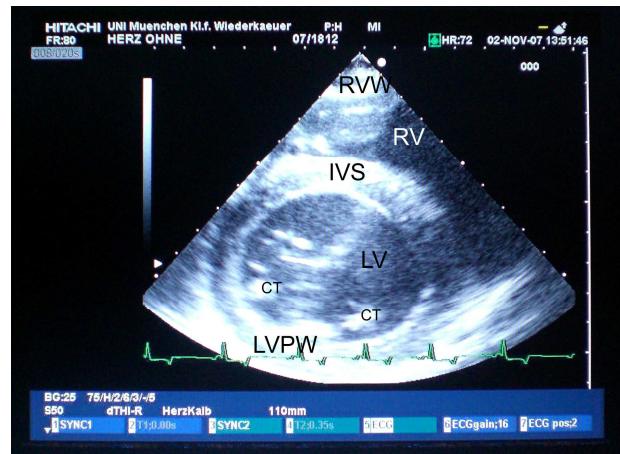


Abbildung 12

Ultraschallansicht und schematische Darstellung der rechten kaudalen Kurzachse zur Wandstärkenmessung (t) mittels Ellipsenmethode

Kurzachsenschnitt auf Höhe der Chordae tendineae (CT); rechte Ventrikelwand (RVW), rechter Ventrikel (RV), linker Ventrikel (LV), Außenfläche des linken Ventrikels (A1), Innenfläche des linken Ventrikels (A2), linke Ventrikelwand (LVPW), durchschnittliche Wandstärke des linken Ventrikels (t)

3.2.10 Zweidimensionale Darstellung von Aorta und linkem Vorhof in der rechten kranialen Kurzachse (Aok)

Im Kurzachsenschnitt auf Höhe der Ventilebene konnten durch leichtes Kippen des Sondenkopfes nach kaudal die Aortenklappe und der linke Vorhof dargestellt werden. Der Durchmesser der Aorta in Höhe der Klappe (DAo) in der Diastole und der Durchmesser des linken Atriums (DLA) in der Systole wurden auf einer gedachten Linie zwischen linkem und wandständigem Segel der Aortenklappe gemessen (s. [Abbildung 13](#)). Das Verhältnis beider Größen zueinander (LA/Aok) wurde berechnet.

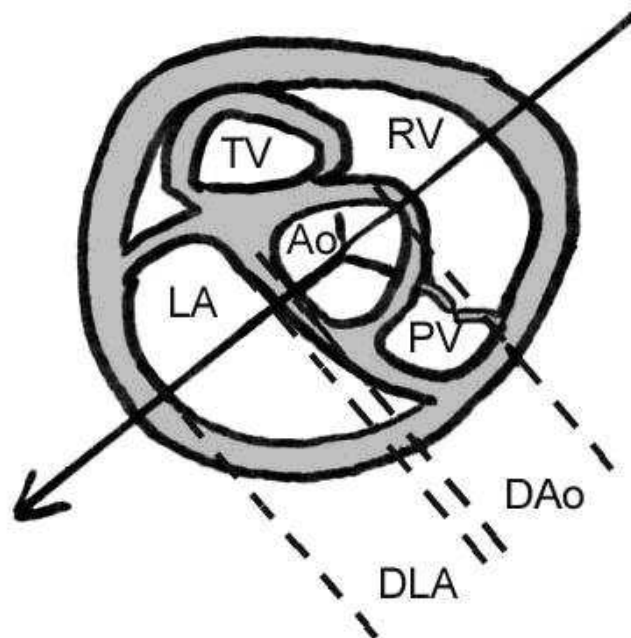
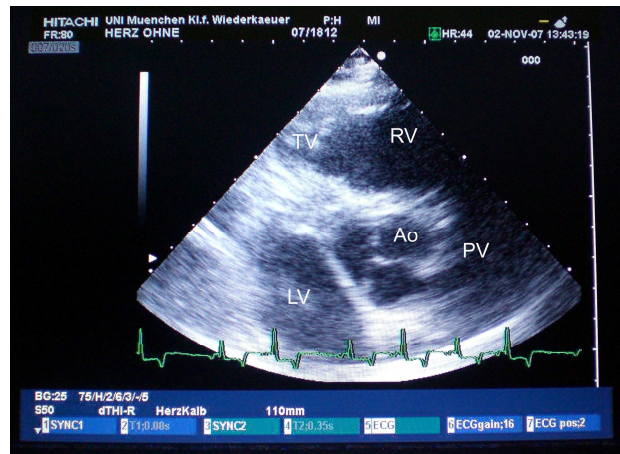


Abbildung 13

Ultraschallansicht und schematische Darstellung der Messung des Durchmessers der Aorta in Klappenhöhe und des Durchmessers des linken Atriums in der Kurzachse

rechter Ventrikel (RV), Trikuspidalklappen (TV), Pulmonalklappe (PV), Aorta (Ao), linker Vorhof (LA), Durchmesser der Aorta in Klappenhöhe (DAo), Durchmesser des linken Vorhofs (DLA)
Messebene durch Pfeil symbolisiert

3.3 STATISTISCHE AUSWERTUNGEN

Die Untersuchungen und deren Auswertung wurden von ein und derselben Person durchgeführt. Sämtliches Bildmaterial wurde zunächst in digitaler Form (Dauer einer Sequenz mind. 5 s) auf DVD gespeichert und nachträglich mittels der zugehörigen Software (Hitachi US Image Viewer; Hitachi Medical Corporation) ausgewertet. Aus jeder der Sequenzen wurde jeweils nur eine Herzphase (d.h. eine Diastole mit folgender Systole) zur Auswertung verwendet. Erschien die Schnittebene als nicht optimal, wurde die Aufzeichnung verworfen.

Es wurden 10 verschiedene Schnittebenen betrachtet. Damit jede Schnittebene im besten Fall dreifach ausgewertet werden konnte, wurden zw. 30-48 Sequenzen aufgenommen und durchgesehen. In seltenen Fällen musste auf die Auswertung einer Schnittebene teilweise oder ganz verzichtet werden, meist, da der Messstrahl des M-Mode nicht senkrecht auf die zu vermessenden Strukturen ausgerichtet war.

Zunächst wurden für jeden gemessenen Parameter aus drei Einzelmessungen der Mittelwert (MW), die Standardabweichung (Stabw) und der Variationskoeffizient (VC) in Excel® 2003 (Fa. Microsoft) bestimmt.

$$(8) \quad VC[\%] = (\text{Standardabweichung} / \text{Mittelwert}) * 100$$

Für die weiteren statistischen Auswertungen wurde das Programm SPSS (Version 16.0, SPSS Inc., USA) verwendet.

Sofern der Variationskoeffizient, d.h. die Streuung der gemessenen Werte um den Mittelwert, im Mittel nicht über 10% lag, wurde der entsprechende Parameter als reproduzierbar bezeichnet, was für die Beurteilung der nachfolgenden statistischen Auswertungen von Bedeutung war. Per gepaartem Wilcoxon-Test wurde ermittelt, ob signifikante Unterschiede zwischen der Präzision der Messungen im Wachzustand und unter Narkose vorlagen. Anschließend wurde mittels Mann-Whitney U-Test überprüft, ob Unterschiede zwischen der Präzision der Messungen zwischen den Narkosearten (Xylazin, Isofluran) vorlagen. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe von Boxplots visualisiert (s. [Abbildung 14](#) und [Abbildung 15](#)).

Als Box wird das Rechteck bezeichnet, welches durch das obere und untere Quartil begrenzt wird (Quartil = lateinisch „Viertelwert“). Die Box umfasst 50 % der Daten. Durch die Länge der Box ist der Interquartilsabstand (interquartile range, IQR) abzulesen. Dies ist ein Maß der Streuung, welches durch die Differenz des oberen und unteren Quartils bestimmt ist. Als weiteres Quartil ist der Median in der Box eingezeichnet, welcher durch seine Lage innerhalb der Box einen Eindruck von der Schiefe der den Daten zugrunde liegenden Verteilung vermittelt.

Als „Whisker“ werden die vertikalen Linien bezeichnet. Deren Länge beträgt maximal das 1,5-fache des Interquartilsabstands ($1,5 \times \text{IQR}$) und wird immer durch einen Wert aus den Daten bestimmt. Werte, die über dieser Grenze liegen, werden separat in das Diagramm eingetragen und als Ausreißer bezeichnet. Gibt es keine Werte außerhalb der Whisker, so wird die Länge des Whiskers durch den maximalen bzw. minimalen Wert festgelegt.

Ausreißer, die zwischen $1,5 \times \text{IQR}$ und $3 \times \text{IQR}$ liegen werden als „milde“ Ausreißer bezeichnet und Werte, die über $3 \times \text{IQR}$ liegen als „extreme“ Ausreißer. Diese werden unterschiedlich im Diagramm gekennzeichnet (Kreise bzw. Sterne) (s. [Abbildung 14](#) und [Abbildung 15](#)).

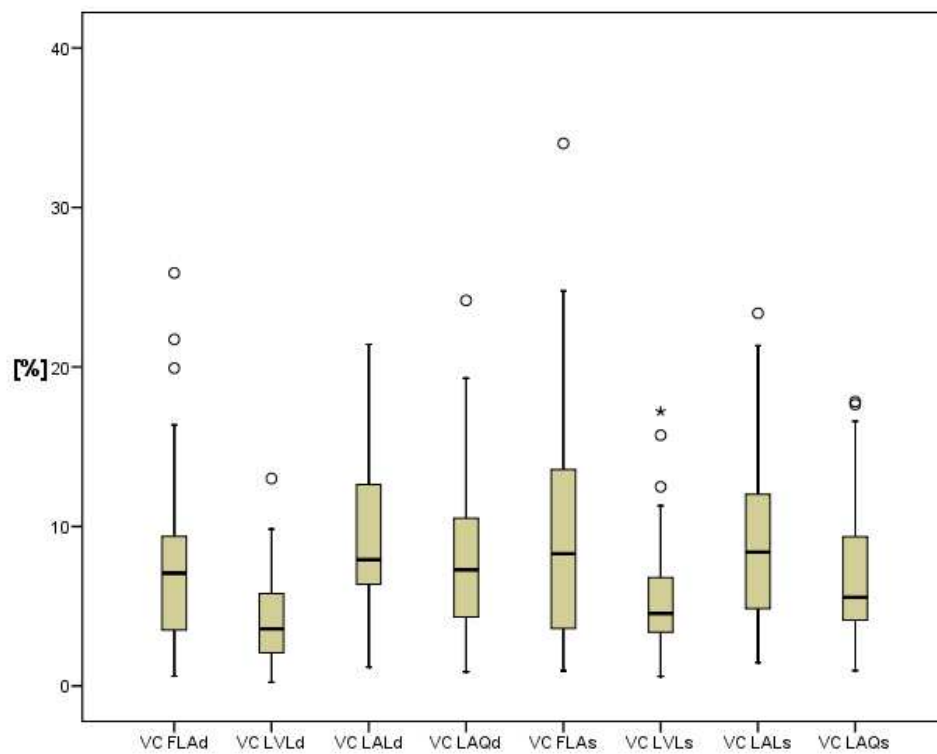


Abbildung 14

Darstellung der Präzision der echokardiographischen Messungen in Form der Variationskoeffizienten [VC %] am Beispiel der rechten kaudalen Längsachse im Wachzustand (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

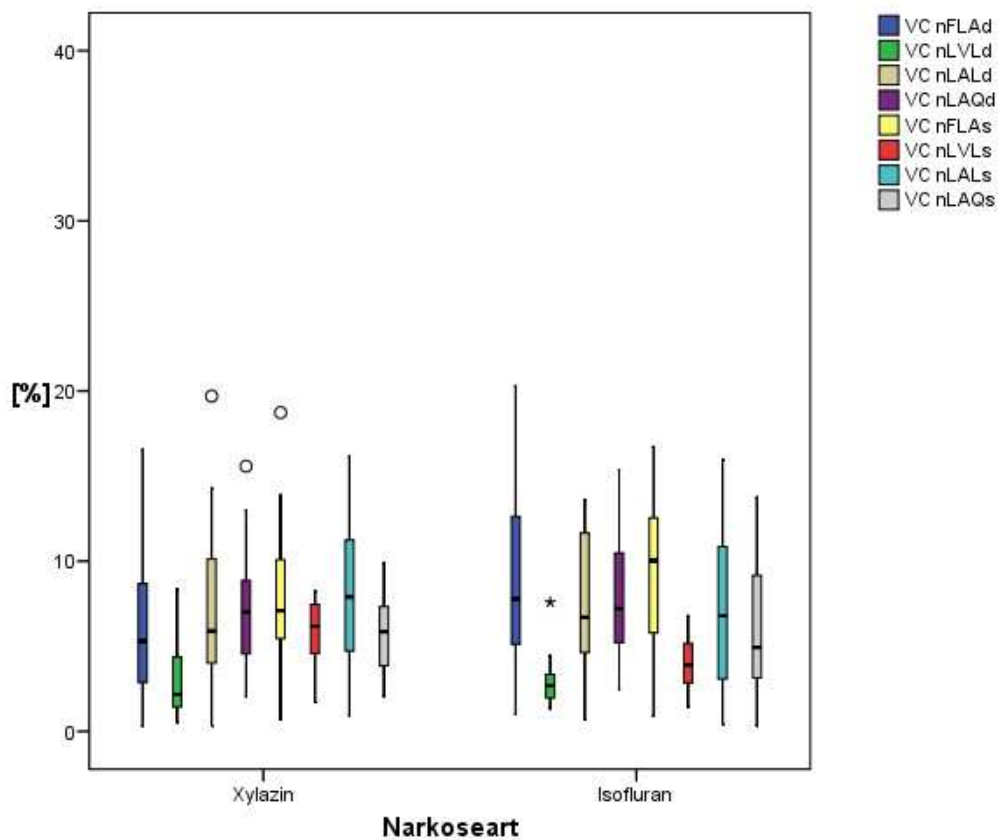


Abbildung 15 Vergleichende Darstellung der Präzision der echokardiographischen Messungen in Form der Variationskoeffizienten [VC %] am Beispiel der rechten kaudalen Längsachse gemessen unter Einfluss von Xylazin bzw. Isofluran (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Zu Beginn sollte geklärt werden, ob die erhaltenen Messwerte einer Normalverteilung unterlagen. Hierzu wurden sämtliche Daten in Form von Histogrammen dargestellt und anhand einer Hüllkurve auf Normalverteilung beurteilt (Beispiel siehe [Abbildung 16](#)). Anschließend wurde dies mittels Kolmogorow-Smirnow-Anpassungstests überprüft. Da nicht alle Parameter normalverteilt waren, wurde die Prüfung diverser Zusammenhänge vorwiegend mit Hilfe nicht parametrischer Tests durchgeführt (BORTZ, 1984).

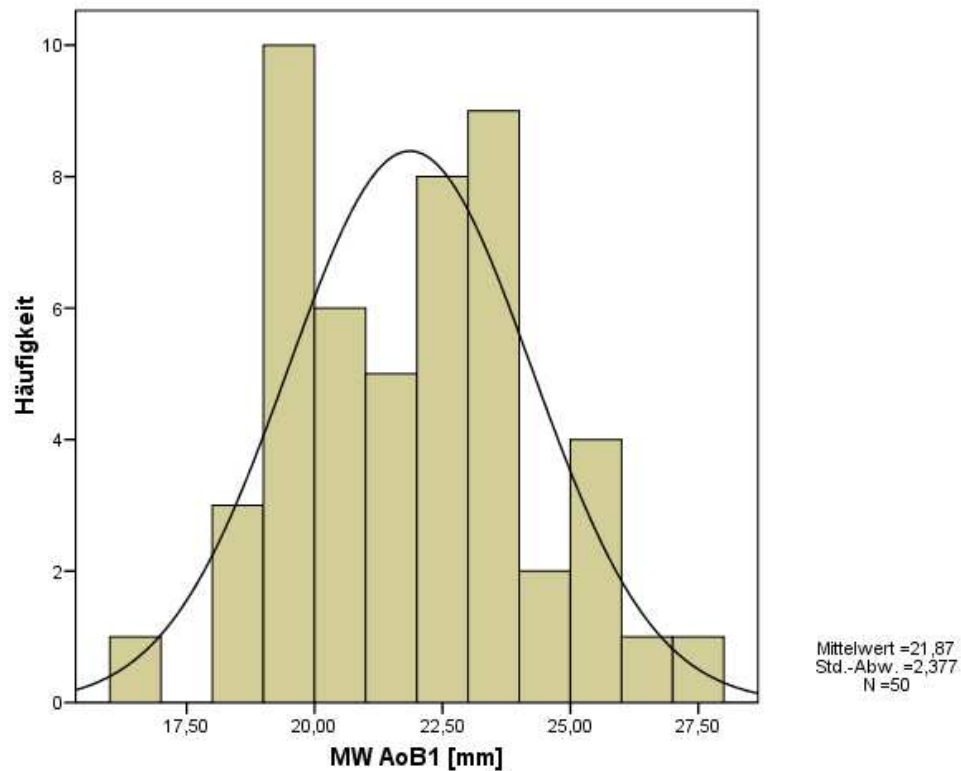


Abbildung 16 Überprüfung der Daten auf Normalverteilung anhand von Histogrammen, hier gezeigt am Beispiel der erhaltenen Werte für den Durchmesser der Aorta, gemessen auf Höhe der Klappe (AoB1)

Zur Ermittlung der Referenzwerte für gesunde Kälber im Wachzustand wurden aus den erhaltenen Werten jeweils Mittelwert, Median, Standardabweichung sowie Minimum und Maximum bestimmt. Mit den unter Isofluran und Xylazin ermittelten Werten wurde im Anschluss gleichermaßen verfahren. Sämtliche Werte wurden nach Schnittebenen geordnet tabellarisch aufgelistet (s. Kap. [3.4.4](#), [3.4.6](#) und [3.4.7](#)).

Mit Hilfe verschiedener Analysen (Bestimmung des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman, Kruskal-Wallis-Test, Mann-Whitney U-Test) wurde getestet, ob die Messwerte im Wachzustand einen signifikanten Zusammenhang zu Alter, Gewicht, Geschlecht, Ernährungszustand, Körpertemperatur, Herzfrequenz, Laborparametern (Hämoglobin und Hämatokrit) oder der Dauer der Untersuchung aufweisen. Als globales Signifikanzniveau wurde $\alpha=0,05$ festgelegt. Nachdem jedoch multiple Test durchgeführt wurden, wurde die Bonferroni-Korrektur angewandt, und das Signifikanzniveau auf $0,05/50 = 0,001$ reduziert. p-Werte zwischen 0,05 und 0,001 werden dadurch als Tendenz bezeichnet und nicht mehr als signifikant angesehen.

Die Patienten wurden anschließend nach Alter, Gewicht, Geschlecht, Ernährungszustand und Narkoseart in Kategorien eingeteilt.

Tabelle 1 Kriterien für die Zuweisung der Patienten in Kategorien

Kategorie	0	1	2	3	4
Alter	-	0 - 10Tage	11 - 20Tage	21 - 30Tage	> 31Tage
Gewicht	-	30 - 40kg	41 - 50kg	51 - 60kg	> 61kg
Geschlecht	-	männlich	weiblich	Zwicke	-
Ernährungszustand	-	gut	mäßig	schlecht	-
Narkoseart	keine	Xylazin	Isofluran	-	-

Mittels Kruskal-Wallis-Test wurde untersucht, ob sich die gemessenen Werte zwischen den Kategorien unterscheiden. Dies sollte anhand der am präzisesten gemessenen Werte für den Wachzustand und unter Narkose untersucht werden. Hierzu wurden nur Parameter gewählt, deren Variationskoeffizienten unter 5 % lagen.

Zur Bestimmung der Abhängigkeit der erhaltenen Werte vom tatsächlich gemessenen Körpergewicht wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Die Zulässigkeit dieser Methode wurde anhand der Überprüfung der erhaltenen Residuen auf Normalverteilung gewährleistet. Der Wert r gibt den Korrelationskoeffizienten nach Pearson an, wobei 1 der höchstmögliche zu erzielende Wert ist. Für die vorliegende Studie wurde ab einem Wert von $r = 0,4$ ein guter Bezug der Parameter zum Körpergewicht angenommen (BORTZ, 1984).

3.4 ERGEBNISSE

3.4.1 Patienten

Im Zeitraum Juni 2006 bis November 2007 wurden insgesamt 50 Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh echokardiographisch untersucht, darunter 27 männliche (54 %), 21 weibliche Tiere (42 %) und 2 Zwicken (4 %) (s. [Tabelle 2](#)).

Tabelle 2 Patientenverteilung in den Gruppen „wach“ und „Narkose“, aufgeteilt nach Geschlecht

Anzahl Tiere	Männlich	Weiblich	Zwicke	Gesamt
wach	27	21	2	50
Narkose	19	9	2	30

Das durchschnittliche Alter der Kälber betrug 23 Tage (2–77 Tage), das Gewicht lag im Mittel bei 51,4 kg (30,8-80,0 kg).

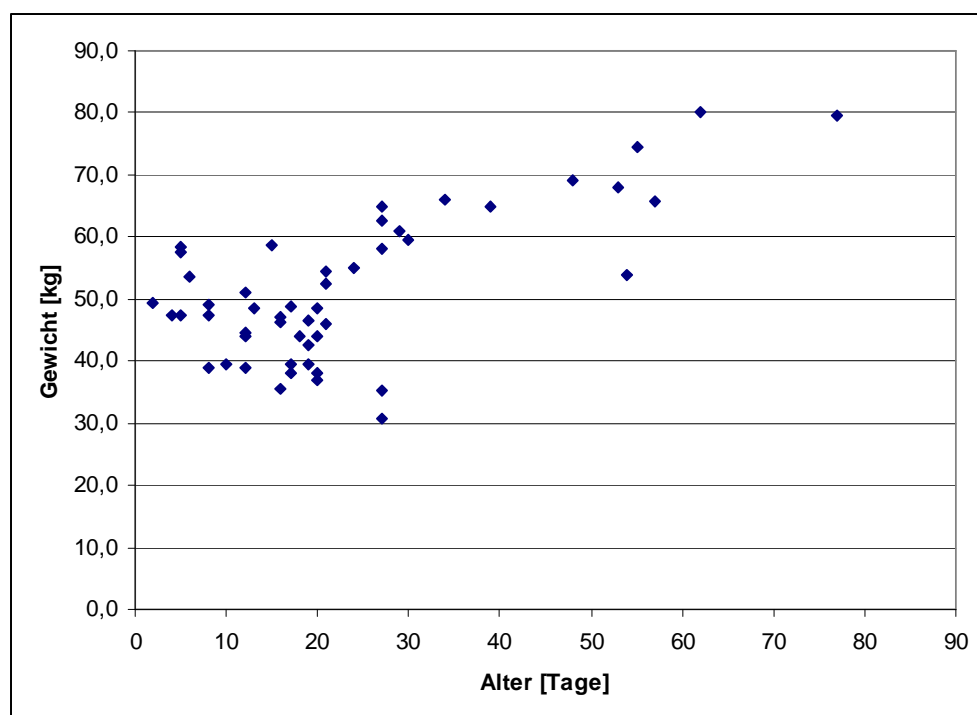


Abbildung 17

Alter - Gewichtsverteilung der untersuchten Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh (n = 50), ($r = 0,688$)

Die Aufnahmediagnosen der Patienten waren vielschichtig und kamen in diversen Kombinationen vor (s. Anhang, [Tabelle 65](#)). Von den insgesamt 50 Tieren litten 27 Kälber (54 %) unter einer Nabelerkrankung, 24 Tiere (48 %) hatten Durchfall, neun Kälber (18 %) wurden wegen einer Gliedmaßenerkrankung behandelt, vier der Patienten (8 %) litten unter einer Erkrankung der Atemwege. Tiere mit einer Beeinträchtigung des Herz-Kreislauf-Systems in Form von angeborenen Herzfehlern oder bei Vorliegen eines Herzgeräusches wurden bereits im Verdachtsfall von der Studie ausgeschlossen, ebenso Patienten in Agonie.

15 Kälber (30 %) befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in einem guten Ernährungszustand, 26 Patienten (52 %) waren mäßig und neun Tiere (18 %) schlecht ernährt. 30 Tiere wurden im Rahmen diagnostischer Maßnahmen im Wachzustand und unter Narkose untersucht, davon 15 unter Einwirkung von 2%iger Xylazin-Lösung und 15 unter reiner Isofluran-Narkose. 20 Kälber wurden kurz vor ihrer Entlassung aus der Klinik nur im Wachzustand untersucht.

Die Fixierung wurde von den meisten Tieren bereits nach kurzer Zeit gut toleriert, vorausgesetzt die Untersuchung fand in ruhiger Umgebung statt. Die Dauer der Untersuchung im Wachzustand betrug im Mittel 30 Minuten (15–60 min). Die Messungen unter Narkose konnten im Durchschnitt nach 18 Minuten (10–25 min) abgeschlossen werden.

3.4.2 Präzision

In fast allen Schnittebenen war der in der Diastole gemessene linksventrikuläre Innendurchmesser (LVE_{ED}) der am präzisesten messbare Wert (VC 2,50–4,51 %). Der rechtsventrikuläre Durchmesser in der Systole (RVD_S), das Auswurfvolumen (SV = Stroke Volume), die prozentuale systolische Durchmesserverkürzung des linken Ventrikels (FS = fractional shortening) sowie der Abstand der maximalen frühdiastolischen Mitralklappenöffnung (Punkt E) zum Kammerseptum (EPSS = E-Point to septal separation) konnten meist nicht reproduzierbar gemessen werden (VC > 10 %). Im Folgenden wird die Präzision der Messungen im Wachzustand und unter Narkose in Form des Variationskoeffizienten, sowie die Signifikanz der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkosemessungen sowie zwischen der Präzision der beiden Narkosemessungen nach Schnittebenen geordnet aufgelistet.

Nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur wurde auch hier das Signifikanzniveau auf 0,001 reduziert (Tendenzen und signifikante Werte werden fett dargestellt).

Tabelle 3 Präzision [VC %] der echo-kardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC FLAd	7,65	5,51	9,69	5,96	6,58	5,21
VC LVLd	4,16	2,72	2,94	1,60	2,96	2,22
VC LALd	9,05	4,94	7,38	4,40	7,53	5,19
VC LAQd	7,91	5,03	8,10	4,06	7,28	3,88
VC FLAs	9,65	7,16	9,10	4,58	7,85	4,72
VC LVLs	5,51	3,54	3,99	1,56	5,81	2,04
VC LALs	9,36	5,23	7,19	4,81	7,95	5,03
VC LAQs	7,22	4,47	6,06	3,74	5,77	2,59

Tabelle 3 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zw. der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zw. der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nFLAd - VC FLAd	0,050	VC nFLAd	0,106
VC nLVLd - VC LVLd	0,098	VC nLVLd	0,600
VC nLALd - VC LALd	0,552	VC nLALd	0,896
VC nLAQd - VC LAQd	0,325	VC nLAQd	0,600
VC nFLAs - VC FLAs	0,094	VC nFLAs	0,359
VC nLVLs - VC LVLs	0,804	VC nLVLs	0,018
VC nLALs - VC LALs	0,837	VC nLALs	0,727
VC nLAQs - VC LAQs	0,705	VC nLAQs	0,965

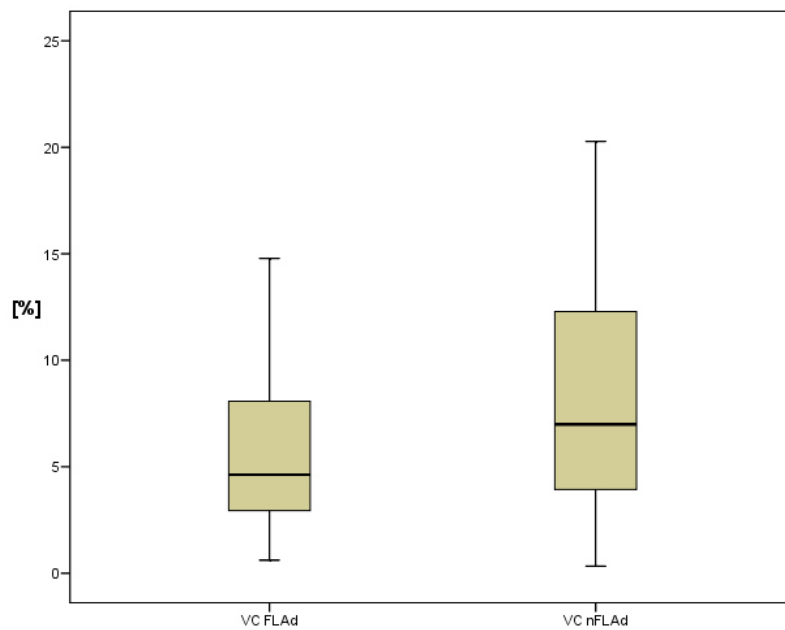


Abbildung 18

Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der diastolischen Fläche des linken Vorhofs (FLAd), gemessen in der rechten kaudalen Längsachse ($p = 0,050$)

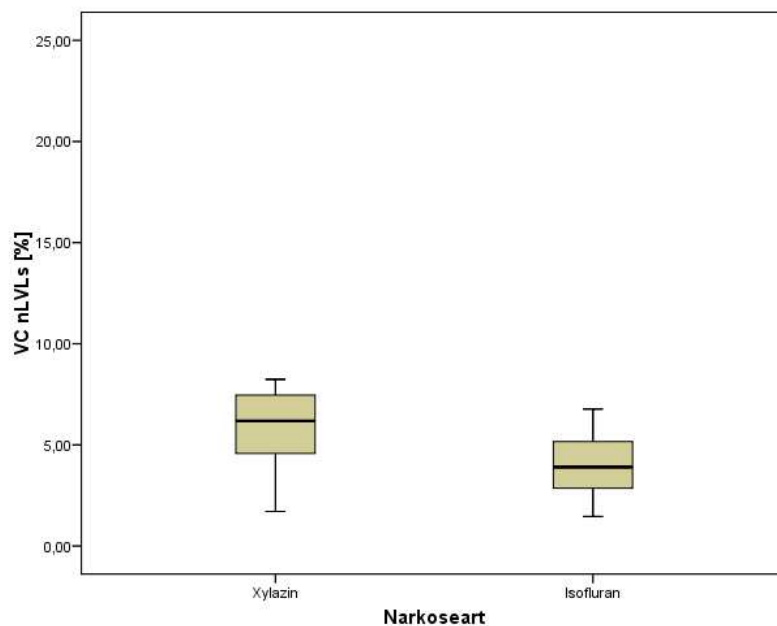


Abbildung 19

Präzision [VC %] von Messungen des systolischen Längsdurchmessers des linken Ventrikels (LVLs), gemessen in der rechten kaudalen Längsachse, vergleichend in Form von Boxplots dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,018$)

Tabelle 4 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO), nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC IVSd PMO	6,80	5,33	5,58	2,68	5,43	3,45
VC LVEdD PMO	3,94	2,72	3,34	1,90	4,25	3,01
VC LVPWd PMO	10,77	6,46	9,42	5,64	9,41	4,34
VC IVSs PMO	5,96	3,77	6,00	4,33	7,27	3,88
VC LVEDs PMO	5,69	4,29	6,23	4,07	5,44	3,42
VC LVPWs PMO	7,70	3,79	9,95	6,06	6,57	3,09
VC HR PMO	5,65	4,93	3,55	3,02	8,92	7,67
VC SV PMO	11,63	7,97	11,49	8,26	10,58	6,28
VC EF PMO	7,26	5,62	8,47	6,71	4,75	2,17
VC FS PMO	10,03	8,16	10,90	9,09	6,01	2,83
VC RVDd PMO	12,10	7,43	8,94	7,24	7,34	4,48
VC RVDs PMO	18,58	12,97	15,74	12,97	16,16	7,87

Tabelle 4 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision (VC) von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nIVSd PMO - VC IVSd PMO	0,304	VC nIVSd PMO	0,793
VC nLVEdD PMO - VC LVEdD PMO	0,754	VC nLVEdD PMO	0,513
VC nLVPWd PMO - VC LVPWd PMO	0,482	VC nLVPWd PMO	0,827
VC nIVSs PMO - VC IVSs PMO	0,658	VC nIVSs PMO	0,275
VC nLVEsD PMO - VC LVEDs PMO	0,184	VC nLVEDs PMO	0,541
VC nLVPWs PMO - VC LVPWs PMO	0,405	VC nLVPWs PMO	0,206
VC nHR PMO - VC HR PMO	0,905	VC nHR PMO	0,050
VC nSV PMO - VC SV PMO	0,673	VC nSV PMO	0,930
VC nEF PMO - VC EF PMO	0,358	VC nEF PMO	0,138
VC nFS PMO - VC FS PMO	0,370	VC nFS PMO	0,176
VC nRVDd PMO - VC RVDd PMO	0,247	VC nRVDd PMO	0,727
VC nRVDs PMO - VC RVDs PMO	0,804	VC nRVDs PMO	0,432

Tabelle 5 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC IVSd MVO	7,40	5,22	7,39	4,15	4,65	3,01
VC LVEdD MVO	3,70	1,91	3,01	2,30	4,72	4,60
VC LVPWd MVO	8,93	6,33	10,49	5,50	5,91	2,44
VC IVSs MVO	8,89	5,58	6,72	3,64	7,63	4,88
VC LVEDs MVO	5,87	4,96	3,69	2,94	5,42	4,48
VC LVPWs MVO	7,40	5,06	8,40	4,14	12,30	5,75
VC HR MVO	6,46	6,51	3,47	3,01	6,68	6,65
VC SV MVO	14,62	10,32	11,31	10,97	8,99	9,95
VC EF MVO	9,48	9,87	6,98	5,89	4,30	3,51
VC FS MVO	12,17	11,99	8,97	7,41	5,66	4,97
VC RVDd MVO	8,73	5,74	8,31	4,71	8,21	5,23
VC RVDs MVO	12,80	8,33	11,34	6,08	13,96	6,28
VC DE MVO	8,49	5,53	12,15	10,90	11,57	8,16
VC EPSS MVO	26,13	19,14	22,52	11,44	26,29	10,09

Tabelle 5 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nIVSd MVO - VC IVSd MVO	0,156	VC nIVSd MVO	0,065
VC nLVEdD MVO - VC LVEdD MVO	0,428	VC nLVEdD MVO	0,627
VC nLVPWd MVO - VC LVPWd MVO	0,962	VC nLVPWd MVO	0,033
VC nIVSs MVO - VC IVSs MVO	0,614	VC nIVSs MVO	0,942
VC nLVEDs MVO - VC LVEDs MVO	0,442	VC nLVEDs MVO	0,332
VC nLVPWs MVO - VC LVPWs MVO	0,037	VC nLVPWs MVO	0,073
VC nHR MVO - VC HR MVO	0,313	VC nHR MVO	0,174
VC nSV MVO - VC SV MVO	0,239	VC nSV MVO	0,145
VC nEF MVO - VC EF MVO	0,773	VC nEF MVO	0,152
VC nFS MVO - VC FS MVO	0,648	VC nFS MVO	0,159
VC nRVDd MVO - VC RVDd MVO	0,885	VC nRVDd MVO	0,734
VC nRVDs MVO - VC RVDs MVO	0,337	VC nRVDs MVO	0,264
VC nDE MVO - VC DE MVO	0,041	VC nDE MVO	0,497
VC nEPSS MVO - VC EPSS MVO	0,058	VC nEPSS MVO	0,369

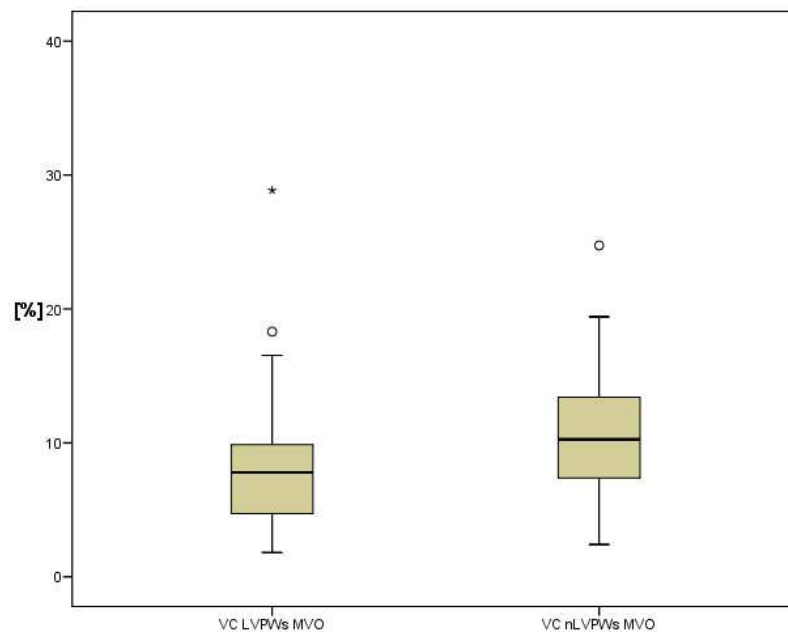


Abbildung 20

Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der systolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWs), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO), gemessen auf Höhe der Mitralklappe ($p = 0,041$)

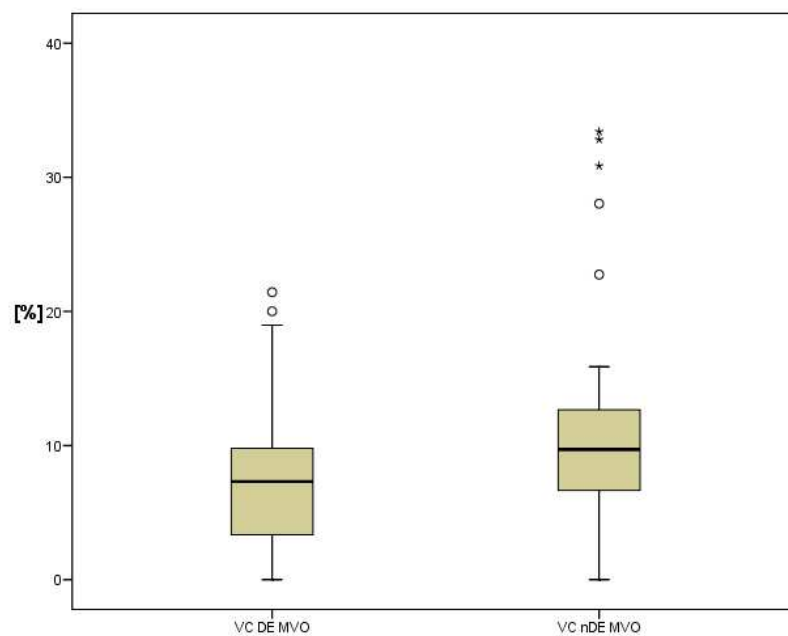


Abbildung 21

Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der Strecke DE, ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe ($p = 0,037$)

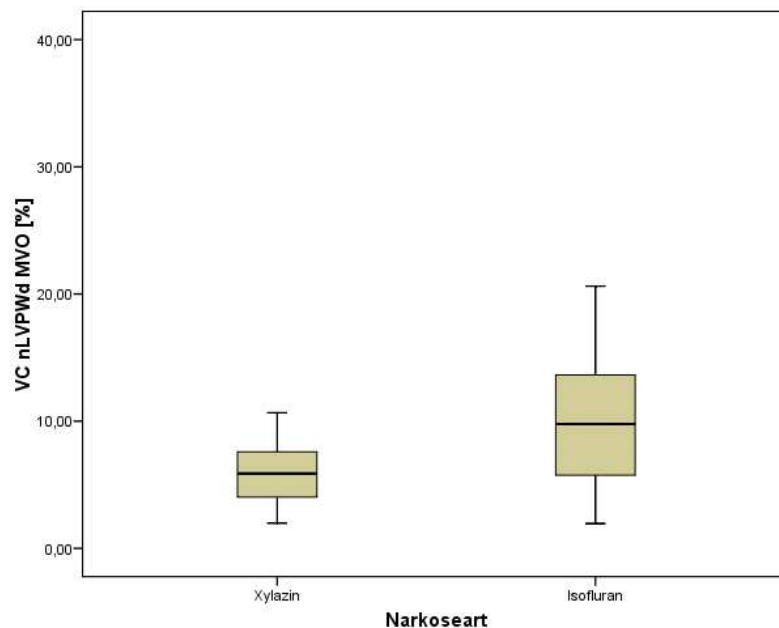


Abbildung 22 Präzision [VC %] von Messungen der diastolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWd), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts (MVO), gemessen auf Höhe der Mitralklappe vergleichend dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,033$)

Tabelle 6 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Präzision [%]	wach		Isofluran		Xylazin	
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC AoB1	4,78	3,43	4,86	2,42	3,80	1,80
VC AoB2	2,45	1,67	2,66	0,83	2,71	1,42
VC AoB3	4,50	2,55	3,58	2,74	4,36	2,10

Tabelle 6 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nAoB1 - VC AoB1	0,991	VC nAoB1	0,176
VC nAoB2 - VC AoB2	0,122	VC nAoB2	0,760
VC nAoB3 - VC AoB3	0,552	VC nAoB3	0,132

Tabelle 7 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC Ao d	3,08	1,98	2,53	1,75	3,65	2,31
VC LA s	6,20	4,67	5,50	3,69	6,55	5,53
VC LA/Ao	6,29	5,13	5,39	3,05	6,74	5,89

Tabelle 7 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nAo d - VC Ao d	0,611	VC nAo d	0,190
VC nLA s - VC LA s	0,673	VC nLA s	0,810
VC nLA/Ao - VC LA/Ao	0,524	VC nLA/Ao	0,727

Tabelle 8 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PM) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC IVSd PM	7,42	6,24	7,41	5,60	5,80	4,96
VC LVEdD PM	4,51	2,80	4,12	2,57	4,56	3,26
VC LVPWd PM	9,84	6,70	9,12	4,43	7,41	6,38
VC IVSs PM	6,14	4,92	5,92	3,95	5,95	4,08
VC LVEDs PM	6,02	3,97	5,01	4,84	6,17	6,83
VC LVPWs PM	7,45	4,99	5,48	2,72	9,15	6,50
VC HR PM	5,87	4,79	3,55	4,06	8,45	9,57
VC SV PM	13,37	9,33	11,00	6,29	11,22	6,10
VC EF PM	8,33	6,59	6,28	3,69	6,64	8,69
VC FS PM	10,48	8,11	7,95	4,57	8,33	10,63
VC RVDd PM	9,91	7,77	9,05	5,90	9,75	6,71
VC RVDs PM	16,63	11,32	13,69	12,12	12,34	11,02

Tabelle 8 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nIVSd PM - VC IVSd PM	0,569	VC nIVSd PM	0,432
VC nLVEdD PM - VC LVEdD PM	0,716	VC nLVEdD PM	0,965
VC nLVPWd PM - VC LVPWd PM	0,909	VC nLVPWd PM	0,239
VC nIVSs PM - VC IVSs PM	0,733	VC nIVSs PM	0,983
VC nLVEDs PM - VC LVEDs PM	0,480	VC nLVEDs PM	0,743
VC nLVPWs PM - VC LVPWs PM	0,964	VC nLVPWs PM	0,156
VC nHR PM - VC HR PM	0,265	VC nHR PM	0,089
VC nSV PM - VC SV PM	0,855	VC nSV PM	0,727
VC nEF PM - VC EF PM	0,873	VC nEF PM	0,295
VC nFS PM - VC FS PM	0,873	VC nFS PM	0,359
VC nRVDd PM - VC RVDd PM	0,600	VC nRVDd PM	0,727
VC nRVDs PM - VC RVDs PM	0,539	VC nRVDs PM	0,930

Tabelle 9 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC IVSd MV	6,41	3,79	8,78	5,43	5,52	3,74
VC LVEdD MV	3,16	1,91	4,00	2,36	4,41	2,75
VC LVPWd MV	10,68	7,20	7,73	7,34	10,22	7,76
VC IVSs MV	7,17	3,86	9,64	5,87	6,76	2,74
VC LVEDs MV	4,36	2,17	5,06	3,59	4,23	2,96
VC LVPWs MV	8,77	5,40	9,13	5,48	7,51	5,65
VC HR MV	4,86	4,00	4,21	3,72	10,75	11,04
VC SV MV	13,10	11,75	15,31	11,63	12,94	8,72
VC EF MV	8,77	10,39	9,14	11,23	4,98	4,91
VC FS MV	10,47	11,49	10,88	12,91	6,24	5,67
VC RVDd MV	7,65	4,66	8,94	7,24	9,07	10,28
VC RVDs MV	9,99	6,64	9,45	6,68	10,96	7,70
VC DE MV	11,31	7,03	12,17	8,60	11,95	6,69
VC EPSS MV	19,16	12,16	19,18	10,37	20,20	17,92

Tabelle 9 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nIVSd MV - VC IVSd MV	0,991	VC nIVSd MV	0,061
VC nLVEdD MV - VC LVEdD MV	0,122	VC nLVEdD MV	0,585
VC nLVPWd MV - VC LVPWd MV	0,496	VC nLVPWd MV	0,222
VC nIVSs MV - VC IVSs MV	0,304	VC nIVSs MV	0,541
VC nLVEDs MV - VC LVEDs MV	0,787	VC nLVEDs MV	0,600
VC nLVPWs MV - VC LVPWs MV	0,837	VC nLVPWs MV	0,359
VC nHR MV - VC HR MV	0,689	VC nHR MV	0,176
VC nSV MV - VC SV MV	0,443	VC nSV MV	0,727
VC nEF MV - VC EF MV	0,304	VC nEF MV	0,527
VC nFS MV - VC FS MV	0,370	VC nFS MV	0,600
VC nRVDd MV - VC RVDd MV	0,991	VC nRVDd MV	0,337
VC nRVDs MV - VC RVDs MV	0,871	VC nRVDs MV	0,793
VC nDE MV - VC DE MV	0,787	VC nDE MV	0,793
VC nEPSS MV - VC EPSS MV	0,940	VC nEPSS MV	0,694

Tabelle 10 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC Fad	5,56	2,82	5,11	3,91	3,69	2,44
VC Fid	6,43	4,69	6,55	4,40	8,02	4,69
VC Fid genau	6,90	4,16	7,74	4,67	8,57	4,49
VC Fas	5,99	3,49	5,35	3,56	4,37	3,00
VC Fis	9,01	5,54	9,52	9,99	9,04	5,78
VC Fis genau	10,99	5,33	10,78	8,04	11,46	7,42
VC FAC	9,06	7,05	8,20	6,92	9,04	6,77
VC FACgenau	6,14	3,46	7,32	6,64	5,40	2,45

Tabelle 10 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nFad - VC Fad	0,265	VC nFad	0,499
VC nFid - VC Fid	0,611	VC nFid	0,458
VC nFid genau - VC Fid genau	0,443	VC nFid genau	0,513
VC nFas - VC Fas	0,358	VC nFas	0,678
VC nFis - VC Fis	0,854	VC nFis	0,570
VC nFis genau - VC Fis genau	0,837	VC nFis genau	0,662
VC nFAC - VC FAC	0,339	VC nFAC	0,581
VC nFAC genau - VC FACgenau	0,480	VC nFAC genau	0,535

Tabelle 11 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC RVWd LVk	10,13	7,64	10,74	5,33	10,74	4,06
VC RVDd LVk	14,55	9,26	10,74	4,76	12,26	8,43
VC IVSd LVk	5,89	3,37	5,89	2,28	5,63	3,38
VC LVEdD LVk	3,21	2,01	3,94	2,40	4,10	2,09
VC LVPWd LVK	7,98	5,22	9,41	3,86	7,85	4,47
VC RVWs LVk	9,86	5,54	10,50	6,12	7,20	4,06
VC RVDs LVk	18,23	16,42	16,05	9,50	10,67	6,75
VC IVSs LVk	5,43	3,04	5,36	3,31	6,07	4,04
VC LVEDs LVk	4,46	2,39	5,07	3,62	5,08	4,06
VC LVPWs LVk	7,42	4,46	6,54	2,95	6,43	2,99
VC HR LVk	5,81	6,22	2,92	2,39	8,70	8,46
VC SV LVk	12,46	9,23	13,45			
VC EF LVk	7,11	6,36	10,40			
VC FS LVk	12,93	8,87	13,89	7,93	11,15	7,69

Tabelle 11 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nRVWd LVk - VC RVWd LVk	0,315	VC nRVWd LVk	0,631
VC nRVDd LVk - VC RVDd LVk	0,496	VC nRVDd LVk	0,861
VC nIVSd LVk - VC IVSd LVk	0,738	VC nIVSd LVk	1,000
VC nLVEdD LVk - VC LVEdD LVk	0,094	VC nLVEdD LVk	0,896
VC nLVPWd LVk - VC LVPWd LVk	0,039	VC nLVPWd LVk	0,295
VC nRVWs LVk - VC RVWs LVk	0,430	VC nRVWs LVk	0,127
VC nRVDs LVk - VC RVDs LVk	0,214	VC nRVDs LVk	0,138
VC nIVSs LVk - VC IVSs LVk	0,804	VC nIVSs LVk	0,678
VC nLVEDs LVk - VC LVEDs LVk	0,358	VC nLVEDs LVk	0,861
VC nLVPWs LVk - VC LVPWs LVk	0,804	VC nLVPWs LVk	0,810
VC nHR LVk - VC HR LVk	0,922	VC nHR LVk	0,029
VC nFS LVk - VC FS LVk	0,922	VC nFS LVk	0,239

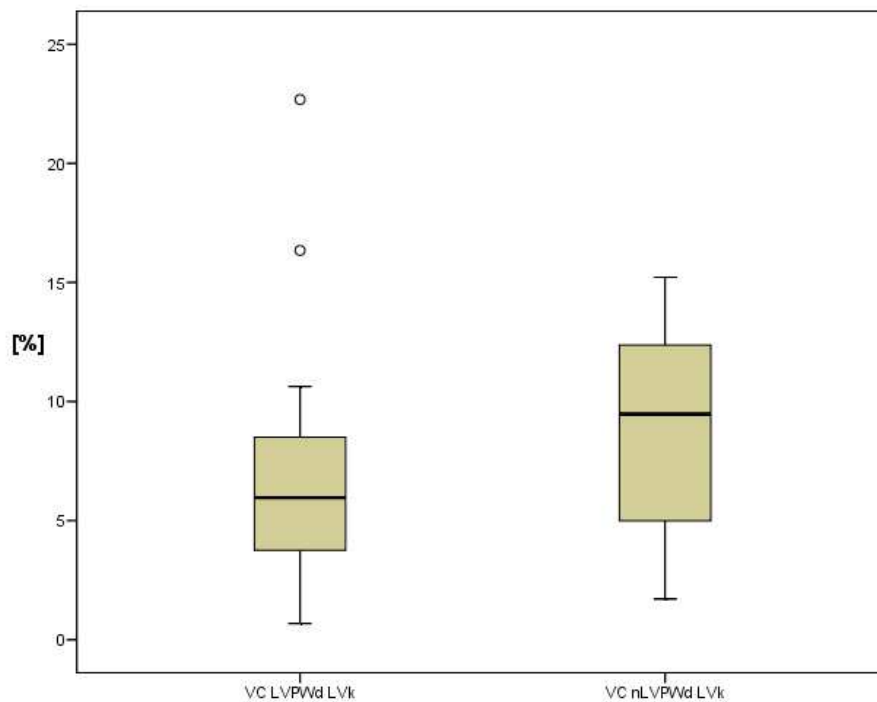


Abbildung 23

Darstellung der unterschiedlichen Präzision [VC %] von Wach- und Narkosemessungen der diastolischen Dicke der linken Kammerwand (LVPWd), ermittelt am Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) ($p = 0,029$)

Tabelle 12 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) nicht reproduzierbare Messungen (VC>10%) fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC A1d CTk	3,51	2,60	3,25	1,96	3,49	2,02
VC A2d CTk	5,99	4,55	5,33	2,34	6,43	4,09
VC RVWd CTk	9,06	5,61	8,15	3,21	10,50	5,66
VC LVPWd CTk	7,52	3,96	7,30	3,72	6,20	3,23
VC A1s CTk	4,72	2,22	4,91	2,07	4,59	2,25
VC A2s CTk	9,17	5,44	7,62	4,33	7,96	3,60
VC RVWs CTk	9,01	4,23	8,00	4,54	6,97	3,74
VC LVPWs CTk	7,20	4,18	6,69	4,08	5,60	4,08
VC tdiast CTk	6,86	4,03	4,28	2,96	5,54	2,48
VC tsys CTk	7,53	4,82	8,87	3,02	6,88	5,20

Tabelle 12 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nA1d CTk - VC A1d CTk	0,633	VC nA1d CTk	0,760
VC nA2d CTk - VC A2d CTk	0,705	VC nA2d CTk	0,663
VC nRVWd CTk - VC RVWd CTk	0,214	VC nRVWd CTk	0,541
VC nLVPWd CTk - VC LVPWd CTk	0,358	VC nLVPWd CTk	0,337
VC nA1s CTk - VC A1s CTk	0,689	VC nA1s CTk	0,585
VC nA2s CTk - VC A2s CTk	0,304	VC nA2s CTk	0,760
VC nRVWs CTk - VC RVWs CTk	0,524	VC nRVWs CTk	0,694
VC nLVPWs CTk - VC LVPWs CTk	0,705	VC nLVPWs CTk	0,295
VC nt diast CTk - VC t diast CTk	0,191	VC nt diast CTk	0,206
VC nt sys CTk - VC t sys CTk	0,974	VC nt sys CTk	0,032

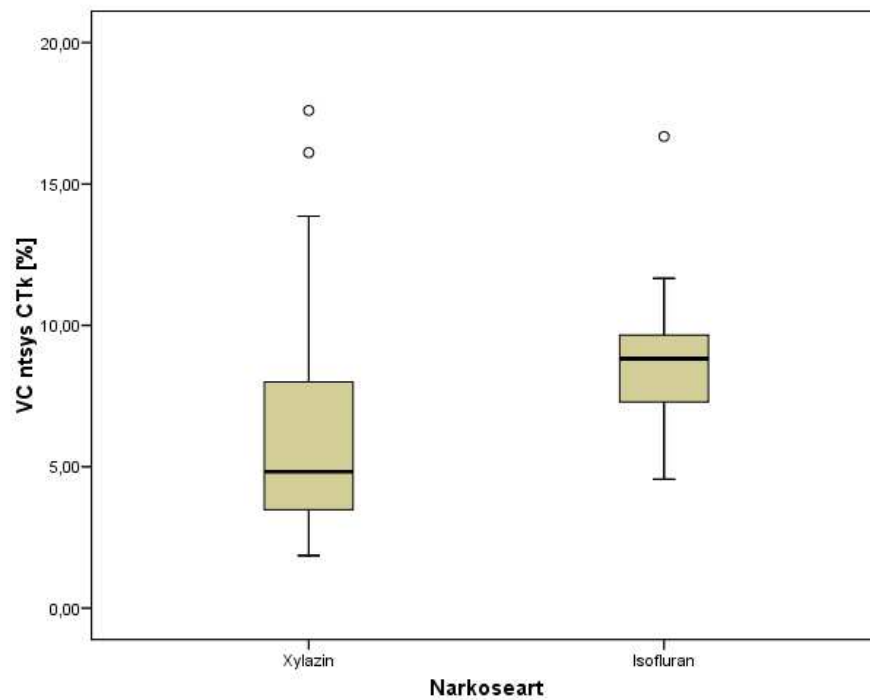


Abbildung 24

Präzision [VC %] von Messungen der mittleren systolischen Wandstärke des linken Ventrikels (tsys), ermittelt am Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe Chordae tendineae (CTk), vergleichend dargestellt für beide Narkosearten ($p = 0,032$)

Tabelle 13 Präzision [VC %] der echokardiographischen Messungen im Wachzustand, unter Inhalationsnarkose mittels Isofluran und unter Einfluss 2 %-iger Xylazin-Lösung, ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	wach		Isofluran		Xylazin	
Präzision [%]	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
VC DAo	3,21	2,01	3,51	2,38	2,60	1,94
VC DLA	4,02	2,94	4,48	2,46	4,08	2,49
VC LA/Aok	3,94	3,14	3,20	1,58	3,48	2,46

Tabelle 13 (fortgesetzt) Prüfung der Unterschiede zwischen der Präzision von Wach- und Narkose-Messungen sowie zwischen der Präzision der Messungen unter Einfluss der verschiedenen Narkosearten auf Signifikanz (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Unterschiede Präzision wach - Narkose		Unterschiede Präzision Narkoseart	
Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)		Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)	
VC nDAo - VC Dao	0,524	VC nDAo	0,222
VC nDLA - VC DLA	0,094	VC nDLA	0,930
VC nLA/Aok - VC LA/Aok	0,820	VC nLA/Aok	0,793

3.4.3 Korrelation

Nach Bestimmung des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman zeigte sich, dass das Alter und besonders das Gewicht einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die ermittelten Daten aufwiesen (s. Kap. [7.2](#)). Nach Bonferroni-Korrektur (Signifikanzniveau $p < 0,001$) und Kruskal-Wallis-Test wurde wiederum ein stärkeren Zusammenhang der Messwerte zum Körpergewicht der Tiere als zu deren Alter deutlich. Die Daten wurden somit hauptsächlich zwischen den Gewichtsklassen verglichen, nicht zuletzt, da das Gewicht der Tiere im Gegensatz zum Alter zu jeder Zeit ohne großen Aufwand korrekt bestimmt werden kann.

Die Dimensionen von Aortenbulbus (AoB2), Aorta ascendens (AoB3) und der diastolische Durchmesser der Aorta gemessen in der Kurzachse (DAo) zeigten nach Bestimmung der nichtparametrischen Korrelation nach Spearman einen signifikanten

Zusammenhang zur Körpertemperatur ($p < 0,05$). Für das Geschlecht, den Ernährungszustand und die Herzfrequenz konnte kaum ein signifikanter Bezug zu den Werten nachgewiesen werden (s. Kap. [7.2](#)).

Für die im Wachzustand ermittelten Messwerte wurde eine lineare Regressionsanalyse der Daten mit Bezug auf das tatsächlich ermittelte Gewicht der Kälber durchgeführt. Eine gute Korrelation zum Körpergewicht ergab sich dabei vor allem für den linksventrikulären Innendurchmesser, den Durchmesser der Aorta in Kurz- und Längsachse sowie für die Flächenberechnungen des linken Ventrikels in der Kurzachse (vgl. Kap. [3.4.4](#)).

3.4.4 Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte und deren Bezug zum Körpergewicht, gemessen im Wachzustand (n = 50)

Tabelle 14 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
FLAd [cm ²]	50	6,95	7,01	1,58	4,27	10,20		0,245
LVLd [mm]	50	76,8	76,1	5,7	66,6	91,1	$y=0,283x + 62,215$	0,580
LALd [mm]	50	26,6	26,6	4,0	18,6	35,2		0,202
LAQd [mm]	50	30,5	30,3	3,9	20,2	40,6		0,383
FLAs [cm ²]	50	8,57	8,33	1,69	5,55	13,00		0,335
LVLs [mm]	50	62,3	62,8	4,9	50,4	73,7	$y=0,192x + 52,421$	0,461
LALs [mm]	50	28,9	29,0	4,1	21,2	38,3		0,205
LAQs [mm]	50	36,3	36,6	3,9	24,4	44,9	$y=0,175x + 27,281$	0,519

Tabelle 15 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflustrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
IVSd [mm]	50	11,8	11,6	1,4	8,9	16,0		0,185
LVEdD [mm]	50	40,5	40,9	3,9	32,3	49,8	$y = 0,213x + 29,536$	0,631
LVPWd [mm]	50	9,4	9,2	1,2	7,5	13,1		0,159
IVSs [mm]	50	15,4	15,2	1,6	12,3	19,7		0,244
LVEDs [mm]	50	28,6	29,4	4,5	11,8	35,9	$y = 0,181x + 19,333$	0,473
LVPWs [mm]	50	15,1	14,8	2,3	12,1	23,8		0,045
HR [bpm]	49	110	110	18,8	67	153		0,307
SV [ml]	50	40,7	39,0	8,8	27,1	64,8	$y = 0,478x + 16,123$	0,633
EF [%]	50	56,3	54,2	8,8	42,8	92,6		0,138
FS [%]	50	29,8	27,9	7,3	20,8	64,0		0,155
RVDd [mm]	50	15,7	15,7	3,1	8,6	21,8		0,121
RVDs [mm]	50	10,9	10,3	3,5	4,0	19,9		0,034

Tabelle 16 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe, (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
IVSd [mm]	49	10,3	10,3	1,4	7,8	14,1		0,333
LVEdD [mm]	49	45,4	45,8	3,7	37,9	52,9	$y = 0,133x + 38,590$	0,417
LVPWd [mm]	49	9,6	9,6	1,4	7,2	13,4		0,256
IVSs [mm]	49	14,4	14,4	1,7	11,2	19,9		0,348
LVEDs [mm]	49	31,6	31,7	2,7	25,5	36,4		0,357
LVPWs [mm]	49	14,3	14,0	1,3	11,6	17,0		0,271
HR [bpm]	48	110	113	19,5	65	156		0,188
SV [ml]	49	54,9	57,6	13,2	23,9	87,0		0,375
EF [%]	49	57,2	56,4	6,5	35,7	70,2		0,001
FS [%]	49	30,2	29,7	4,4	16,8	39,6		0,035
RVDd [mm]	49	18,5	18,1	3,3	13,4	28,1		0,127
RVDs [mm]	49	14,8	14,0	3,4	9,4	25,2		0,074
DE [mm]	49	14,1	14,0	2,9	8,1	19,1		0,008
EPSS [mm]	49	3,6	3,5	1,1	1,6	6,5		0,044

Tabelle 17 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
AoB1 [mm]	50	21,9	21,9	2,4	16,6	27,2	$y = 0,143x + 14,505$	0,704
AoB2 [mm]	50	29,9	29,5	2,6	24,7	35,2	$y = 0,158x + 21,717$	0,700
AoB3 [mm]	50	21,9	21,8	2,1	17,4	27,6	$y = 0,120x + 15,777$	0,683

Tabelle 18 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
Ao d [mm]	49	33,0	32,8	2,7	26,6	40,5	$y = 0,157x + 25,017$	0,665
LA s [mm]	49	22,5	22,6	2,4	17,5	28,2		0,235
LA/Ao	49	0,69	0,68	0,08	0,51	0,87		0,235

Tabelle 19 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
IVSd [mm]	48	11,8	11,8	1,2	9,8	14,8		0,133
LVEdD [mm]	48	41,4	40,9	4,3	29,3	52,3	$y = 0,205x + 30,926$	0,564
LVPWd [mm]	48	9,7	9,4	1,3	7,7	15,2		0,096
IVSs [mm]	48	15,3	15,3	1,6	12,3	19,3		0,105
LVEDs [mm]	48	30,0	30,2	4,1	14,2	41,5	$y = 0,175x + 20,997$	0,495
LVPWs [mm]	48	15,2	14,6	2,0	12,3	22,0		0,163
HR [bpm]	47	108	110	18,0	63	152		0,261
SV [ml]	48	41,3	39,3	9,8	25,1	66,7	$y = 0,431x + 19,238$	0,515
EF [%]	48	54,0	54,2	7,6	39,2	84,0		0,163
FS [%]	48	27,9	27,9	5,3	18,7	51,5		0,157
RVDd [mm]	48	17,0	17,4	3,0	11,6	26,1		0,057
RVDs [mm]	48	12,8	12,3	3,6	6,1	24,3		0,035

Tabelle 20 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
IVSd [mm]	48	10,5	10,4	1,2	7,9	13,0		0,288
LVEdD [mm]	48	46,0	45,6	4,2	38,3	55,3	$y = 0,224x + 34,503$	0,624
LVPWd [mm]	48	9,7	9,6	1,2	7,5	12,4		0,194
IVSs [mm]	48	12,8	12,8	1,4	9,8	15,8		0,342
LVEDs [mm]	48	34,0	33,5	3,4	27,5	42,6	$y = 0,134x + 27,102$	0,458
LVPWs [mm]	48	14,6	14,5	1,5	11,6	19,6		0,383
HR [bpm]	47	109	111	19,1	61	153		0,253
SV [ml]	48	50,6	49,4	15,3	19,5	92,7	$y = 0,686x + 15,384$	0,527
EF [%]	48	50,7	52,6	8,9	22,8	70,1		0,122
FS [%]	48	26,0	26,9	5,4	10,4	39,5		0,141
RVDd [mm]	48	19,0	19,7	3,1	12,5	25,9		0,150
RVDs [mm]	48	15,0	15,4	2,9	8,8	21,7		0,002
DE [mm]	48	17,4	18,1	3,3	11,2	24,4		0,340
EPSS [mm]	48	8,3	8,0	2,9	3,9	19,0		0,030

Tabelle 21 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
Fad [cm²]	50	31,20	30,93	4,29	23,28	39,64	$y = 0,216x + 20,088$	0,589
Fid [cm²]	50	17,33	16,81	2,66	12,15	23,37	$y = 0,105x + 11,920$	0,462
Fid/genau [cm²]	50	13,58	13,23	2,20	7,98	17,95		0,397
Fas [cm²]	50	25,16	24,85	3,72	18,14	35,01	$y = 0,169x + 16,459$	0,532
Fis [cm²]	50	8,70	8,17	1,91	5,70	12,42		0,222
Fis/genau [cm²]	50	5,33	4,92	1,44	3,18	8,85		0,214
FAC [%]	50	49,8	50,4	6,9	33,0	61,8		0,158
FAC/genau [%]	50	61,0	62,9	6,7	44,8	75,1		0,063

Tabelle 22 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln, (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
RVWd [mm]	49	6,7	6,7	1,0	4,9	9,9		0,026
RVDd [mm]	49	17,3	17,7	4,0	8,1	24,7		0,186
IVSd [mm]	50	12,8	12,6	1,5	10,1	16,0	$y = 0,053x + 10,058$	0,429
LVEdD [mm]	50	40,8	40,4	3,3	33,4	48,5	$y = 0,142x + 33,512$	0,500
LVPWd [mm]	50	9,5	9,4	1,2	7,1	11,9		0,212
RVWs [mm]	49	9,2	9,1	1,5	6,5	14,9		0,147
RVDs [mm]	49	14,9	15,3	3,9	5,4	24,4		0,176
IVSs [mm]	50	17,2	16,9	1,5	13,9	21,2		0,260
LVEsD [mm]	50	29,8	29,1	4,1	22,7	40,6	$y = 0,143x + 22,450$	0,405
LVPWs [mm]	50	13,7	13,3	1,9	9,6	17,9		0,387
HR [bpm]	49	110	113	17,9	65	154		0,305
SV [ml]	6	39,4	37,7	10,1	29,0	58,0		0,127
EF [%]	6	54,0	52,8	10,9	41,9	68,8	$y = -10,783x + 140,968$	0,535
FS [%]	50	27,1	27,3	6,2	12,8	38,4		0,172

Tabelle 23 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse gemessen auf Höhe der Chordae tendineae nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
A1d [cm ²]	50	35,55	36,14	4,50	27,37	44,73	$y = 0,248x + 22,799$	0,645
A2 d [cm ²]	50	19,79	20,11	3,05	12,67	25,79	$y = 0,125x + 13,357$	0,480
RVWd [mm]	50	6,6	6,6	0,8	5,3	8,2		0,050
LVPWd [mm]	50	9,7	9,8	1,4	7,5	14,5		0,375
A1s [cm ²]	50	28,54	28,46	3,80	21,67	36,23	$y = 0,192x + 18,687$	0,589
A2 s [cm ²]	50	10,36	9,86	1,99	7,06	14,83	$y = 0,070x + 6,782$	0,409
RVWs [mm]	50	8,8	8,6	1,2	7,0	13,5		0,055
LVPWs [mm]	50	14,0	14,1	1,6	11,1	18,1		0,355
tdiast [cm]	50	0,86	0,84	0,10	0,69	1,18	$y = 0,004x + 0,463$	0,463
tsys [cm]	50	1,20	1,20	0,13	0,90	1,41		0,372

Tabelle 24 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber im Wachzustand (n = 50), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Kurzachse gemessen auf Höhe der Ventilebene nach Bonferroni-Korrektur signifikante Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Körpergewicht fett dargestellt (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Bezug zum Körpergewicht (lineare Regression)	Bestimmtheitsmaß r
DAo [mm]	50	26,4	26,2	2,2	22,4	31,5	$y = 0,129x + 19,750$	0,696
DLA [mm]	50	25,3	25,2	2,4	20,5	34,1	$y = 0,129x + 18,664$	0,632
LA/Aok	50	0,96	0,95	0,08	0,81	1,15		0,025

3.4.5 Vergleich der Mittelwerte aus verschiedenen Schnittebenen

Nachdem insgesamt 10 Schnittebenen ausgewertet wurden, sollte überprüft werden, ob sich die erhaltenen Mittelwerte für die einzelnen Parameter je nach Schnittebene signifikant unterscheiden. Auf gleicher Höhe gemessene Parameter zeigten bereits bei kurzer Betrachtung eine Ähnlichkeit (s. [Tabelle 33](#)). Im direkten Vergleich am Beispiel der erhaltenen Werte für den M-Mode der Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln mit und ohne Darstellung des linken Ausflusstraktes (PM bzw. PMO) und denen für den M-Mode der Längsachse auf Höhe der Mitralklappen mit und ohne Darstellung des linken Ausflusstraktes (MV bzw. MVO) per Wilcoxon-Test (s. [Tabelle 34](#)) zeigten sich, unabhängig von der Präzision der Messung, dass sich die Werte in den verschiedenen Schnittebenen signifikant unterscheiden.

Tabelle 25 Vergleich der echokardiographisch am Herzen von 50 Fleckviehkälbern im Alter von bis zu drei Monaten im Wachzustand gemessenen Mittelwerte in den verschiedenen Schnittebenen (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Schnittebene	PMO	PM	LVk	MVO	MV
IVSd [mm]	11,8	11,8	12,8	10,3	10,5
LVEdD [mm]	40,5	41,4	40,8	45,4	46,0
LVPWd [mm]	9,4	9,7	9,5	9,6	9,7
IVSs [mm]	15,4	15,3	17,2	14,4	12,8
LVEDs [mm]	28,6	30,0	29,8	31,6	34,0
LVPWs [mm]	15,1	15,2	13,7	14,3	14,6
HR [bpm]	110	108	110	110	109
SV [ml]	40,7	41,3	39,4	54,9	50,6
EF [%]	56,3	54,0	54,0	57,2	50,7
FS [%]	29,8	27,9	27,1	30,2	26,0
RVDd [mm]	15,7	17,0	17,3	18,5	19,0
RVDs [mm]	10,9	12,8	14,9	14,8	15,0
DE [mm]				14,1	17,4
EPSS [mm]				3,6	8,3
RVWd [mm]			6,7		
RVWs [mm]			9,2		
IVSd/LVPWd	1,26	1,22	1,35	1,07	1,07
LVEdD/LVEDs	1,41	1,38	1,37	1,44	1,35

Tabelle 26 Prüfung auf signifikante Unterschiede der Mittelwerte aus den Wachmessungen (n=50) ermittelt im M-Mode der Längsachse auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO) bzw. auf Höhe der Mitralklappen (MVO) ohne Darstellung des linken Ausflusstraktes (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Schnittebene	PMO (MW)	MVO (MW)	PMO vs. MVO
Parameter			Asymptotische Signifikanz p (2-seitig) (Wilcoxon)
IVSd [mm]	11,78	10,33	< 0,001
LVEdD [mm]	40,49	45,39	< 0,001
LVPWd [mm]	9,36	9,64	0,070
IVSs [mm]	15,37	14,44	< 0,001
LVEDs [mm]	28,64	31,63	< 0,001
LVPWs [mm]	15,15	14,25	0,009
HR [bpm]	110	110	0,685
SV [ml]	40,7	54,93	< 0,001
EF [%]	56,34	57,18	0,038
FS [%]	29,78	30,2	0,035
RVDd [mm]	15,71	18,54	< 0,001
RVDs [mm]	10,95	14,76	< 0,001

3.4.6 Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte, gemessen unter Isofluran-Narkose (n = 15).

Tabelle 27 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nFLAd [cm ²]	15	7,02	7,48	1,40	4,84	9,09	-1,08	0,977
nLVLd [mm]	15	75,1	74,6	5,4	65,7	85,2	-3,47	0,031
nLALd [mm]	15	27,4	26,8	4,2	21,5	35,4	0,79	0,910
nLAQd [mm]	15	30,0	29,8	3,6	24,0	36,6	-3,71	0,394
nFLAs [cm ²]	15	8,48	8,66	1,05	6,79	10,10	1,06	0,691
nLVLS [mm]	15	63,3	62,8	5,1	53,8	73,1	0,04	0,910
nLALS [mm]	15	28,7	29,2	2,6	24,8	32,8	2,45	0,460
nLAQS [mm]	15	35,7	35,7	3,5	29,2	42,1	-2,47	0,427

Tabelle 28 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	11,5	11,2	1,2	9,5	13,7	-0,83	0,609
nLVEdD [mm]	15	40,1	39,6	3,3	35,4	46,2	-2,51	0,112
nLVPWd [mm]	15	9,4	9,2	1,3	7,0	11,4	2,13	0,109
nIVSs [mm]	15	15,5	15,4	1,2	13,7	18,1	3,30	0,118
nLVEDs [mm]	15	28,6	28,0	3,0	24,1	33,7	-3,45	0,125
nLVPWs [mm]	15	15,2	14,7	1,6	11,7	17,8	5,38	0,012
nHR [bpm]	15	120	112	22,5	77	173	7,44	0,173
nSV [ml]	15	39,2	39,2	8,3	27,2	53,7	-4,40	0,334
nEF [%]	15	55,4	53,9	6,2	44,8	64,2	1,99	0,733
nFS [%]	15	28,7	27,7	4,1	22,1	34,6	2,47	0,955
nRVDd [mm]	15	15,0	14,5	3,0	10,6	21,1	-13,77	0,004
nRVDs [mm]	15	9,9	8,8	3,8	5,2	18,4	-20,46	0,003

Tabelle 29 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	10,4	10,5	1,2	8,5	12,7	+1,25	0,629
nLVEdD [mm]	15	44,3	43,3	4,6	36,8	52,6	-3,32	0,211
nLVPWd [mm]	15	9,5	9,7	1,0	7,5	11,5	-0,18	0,820
nIVSs [mm]	15	14,7	14,3	1,5	12,5	17,9	+1,89	0,609
nLVEDs [mm]	15	31,4	31,4	3,4	26,3	36,9	-1,45	0,955
nLVPWs [mm]	15	14,6	14,2	1,7	12,3	17,2	+6,17	0,099
nHR [bpm]	15	120	112	22,7	77	170	+8,53	0,112
nSV [ml]	15	50,9	49,7	13,1	31,1	75,3	-9,87	0,191
nEF [%]	15	55,8	55,4	5,0	49,2	66,0	-3,16	0,496
nFS [%]	15	29,1	28,8	3,4	24,6	36,0	-4,45	0,300
nRVDd [mm]	15	17,7	17,0	2,5	13,2	21,4	-10,36	0,020
nRVDs [mm]	15	13,6	13,0	3,8	7,4	21,4	-16,87	0,002
nDE [mm]	15	13,4	13,7	2,0	8,8	16,5	-2,01	0,426
nEPSS [mm]	15	3,9	3,5	1,1	2,2	5,7	+8,74	0,281

Tabelle 30 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nAoB1 [mm]	15	21,6	21,3	1,9	19,2	24,8	-1,37	0,609
nAoB2 [mm]	15	29,6	29,3	2,5	25,2	33,7	-0,10	0,733
nAoB3 [mm]	15	21,8	22,1	2,1	18,8	25,7	-1,81	0,281

Tabelle 31 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nAo d [mm]	15	32,5	31,6	2,2	29,3	35,8	+0,17	0,932
nLA s [mm]	15	23,1	22,9	1,7	20,8	26,4	+0,29	0,955
nLA/Ao	15	0,71	0,70	0,09	0,58	0,88	-0,21	0,955

Tabelle 32 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskel (PM) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	11,6	11,6	0,9	10,0	12,8	+0,35	0,363
nLVEdD [mm]	15	41,2	40,5	4,1	34,2	48,9	-2,46	0,156
nLVPWd [mm]	15	9,7	9,6	1,1	8,2	12,0	+0,03	0,826
nIVSs [mm]	15	15,1	15,2	1,4	12,9	17,6	+0,71	0,820
nLVEDs [mm]	15	29,9	29,1	3,8	22,7	36,9	-1,96	0,496
nLVPWs [mm]	15	15,7	15,7	1,4	13,5	18,5	+3,72	0,100
nHR [bpm]	15	120	115	19,2	87	160	+10,54	0,053
nSV [ml]	15	40,7	37,6	8,6	28,8	54,9	-6,80	0,211
nEF [%]	15	53,8	53,0	5,7	44,8	63,7	-0,59	0,609
nFS [%]	15	27,6	27,3	3,6	22,1	34,0	-0,87	0,427
nRVDd [mm]	15	16,0	15,7	3,2	10,1	21,1	-12,39	0,036
nRVDs [mm]	15	12,3	11,0	3,9	7,4	20,2	-16,13	0,036

Tabelle 33 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	10,3	10,1	1,1	8,3	12,7	+0,25	1,000
nLVEdD [mm]	15	45,3	43,7	3,9	40,0	51,4	-3,08	0,125
nLVPWd [mm]	15	9,9	9,7	1,2	8,2	12,6	+2,01	0,570
nIVSs [mm]	15	13,0	13,1	1,4	10,9	15,4	+2,20	0,532
nLVEDs [mm]	15	33,8	33,9	2,8	29,0	40,1	-0,56	0,609
nLVPWs [mm]	15	14,8	14,2	1,8	11,3	17,9	+0,56	0,755
nHR [bpm]	15	120	112	21,3	90	169	+9,00	0,061
nSV [ml]	15	48,0	47,4	12,0	27,8	67,8	-12,55	0,078
nEF [%]	15	50,0	53,1	5,9	38,3	56,4	-5,47	0,061
nFS [%]	15	25,5	27,3	3,6	18,6	29,6	-6,71	0,053
nRVDd [mm]	15	18,2	18,0	2,7	13,7	22,8	-7,20	0,088
nRVDs [mm]	15	13,9	13,0	3,3	9,9	21,3	-14,32	0,001
nDE [mm]	15	17,7	17,5	3,0	12,4	23,6	-1,16	0,733
nEPSS [mm]	15	7,4	7,5	1,9	4,3	11,5	-3,71	0,820

Tabelle 34 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nFad [cm ²]	15	28,99	27,84	3,48	25,10	36,25	-4,72	0,006
nFid [cm ²]	15	16,08	15,95	2,54	13,17	21,82	-6,25	0,047
nFid/genau [cm ²]	15	12,61	12,20	1,90	10,58	17,52	-6,04	0,031
nFas [cm ²]	15	24,13	23,11	3,06	20,31	30,50	-1,80	0,211
nFis [cm ²]	15	8,28	7,92	2,17	4,61	12,77	-1,53	0,570
nFis/genau [cm ²]	15	5,18	4,85	1,55	3,06	8,37	-0,01	0,910
nFAC [%]	14	49,6	50,4	7,7	36,7	66,0	-3,58	0,300
nFAC/genau [%]	14	59,9	60,2	7,8	46,6	71,6	-3,86	0,096

Tabelle 35 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nRVWd [mm]	15	6,5	6,5	0,9	4,9	8,0	-3,71	0,233
nRVDd [mm]	15	15,9	16,7	4,0	9,2	22,1	-8,98	0,027
nIVSd [mm]	15	12,1	11,8	1,2	10,2	15,5	-2,99	0,300
nLVEdD [mm]	15	39,7	38,9	3,1	36,2	47,0	-2,97	0,078
nLVPWd [mm]	15	9,2	8,9	0,9	7,8	10,7	0,00	0,955
nRVWs [mm]	15	8,8	8,9	1,1	7,0	10,4	-2,37	0,334
nRVDs [mm]	15	12,7	11,3	4,3	6,0	23,5	-15,05	0,038
nIVSs [mm]	15	16,5	16,8	1,3	14,5	19,1	-1,83	0,211
nLVEDs [mm]	15	29,7	28,4	4,3	22,7	37,7	-0,64	0,650
nLVPWs [mm]	15	13,4	13,3	1,4	11,1	16,3	-1,79	0,460
nHR [bpm]	15	120	113	21,1	85	168	+7,60	0,173
nSV [ml]	2	30,9	30,9	9,1	24,4	37,4	-16,23	*
nEF [%]	2	57,7	57,7	14,6	47,4	68,0	-9,49	*
nFS [%]	15	25,6	25,2	5,8	16,0	37,3	-6,35	0,100

* Anzahl verwertbarer Messungen nicht ausreichend

Tabelle 36 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nA1d [cm ²]	15	34,21	33,73	3,07	28,36	40,74	-2,95	0,140
nA2d [cm ²]	15	18,21	17,56	3,04	14,08	24,87	-7,36	0,088
nRVWd [mm]	15	6,6	6,8	0,9	5,3	8,5	+2,51	0,426
nLVPWd [mm]	15	10,1	10,0	1,3	8,0	12,9	+6,19	0,025
nA1s [cm ²]	15	28,79	28,82	2,63	24,18	32,59	+0,84	0,394
nA2 s [cm ²]	15	10,63	10,54	1,76	7,95	14,05	+0,97	0,955
nRVWs [mm]	15	8,7	9,0	0,9	6,9	10,1	+0,97	0,650
nLVPWs [mm]	15	13,5	13,2	1,5	11,5	16,0	-1,93	0,609
ntdiast [cm]	15	0,90	0,89	0,11	0,75	1,09	+5,30	0,041
ntsys [cm]	15	1,19	1,19	0,08	1,04	1,34	+0,16	0,910

Tabelle 37 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Isofluran-Narkose (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Isofluran	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nDAo [mm]	15	25,7	25,4	1,8	23,4	29,6	-2,55	0,233
nDLA [mm]	15	24,7	24,7	1,3	22,5	27,1	-2,85	0,394
nLA/Aok	15	0,96	0,94	0,07	0,87	1,11	-0,31	0,865

3.4.7 Echokardiographisch aus verschiedenen Schnittebenen am Herzen gesunder Fleckviehkälber im Alter von bis zu drei Monaten ermittelte Werte, gemessen unter Xylazin-Einwirkung (n = 15).

Tabelle 38 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Längsachse (Vier-Kammer-Blick)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nFLAd [cm²]	15	7,48	7,76	1,58	4,76	10,80	+ 7,96	0,041
nLVLd [mm]	15	76,6	77,5	4,5	69,5	83,4	+ 2,16	0,069
nLALd [mm]	15	28,8	27,9	4,1	23,1	36,0	+ 0,71	0,650
nLAQd [mm]	15	31,4	30,9	4,4	25,2	39,2	+ 5,01	0,053
nFLAs [cm²]	15	8,75	8,65	1,77	5,91	12,03	- 1,60	0,650
nLVLS [mm]	15	60,9	61,1	5,0	51,5	68,5	- 1,26	0,910
nLALs [mm]	15	29,7	30,0	4,2	24,3	37,9	+ 0,24	0,650
nLAQs [mm]	15	36,8	36,0	4,0	30,1	42,0	- 0,48	0,733

Tabelle 39 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PMO)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	12,4	12,5	1,4	9,7	15,0	+5,82	0,140
nLVEdD [mm]	15	39,4	40,6	4,3	29,8	45,5	-2,23	0,033
nLVPWd [mm]	15	9,1	9,2	1,5	6,9	11,5	+0,50	0,910
nIVSs [mm]	15	16,0	15,8	1,9	13,3	20,1	+3,45	0,320
nLVEDs [mm]	15	27,0	28,4	5,4	10,5	32,0	-4,64	0,009
nLVPWs [mm]	15	15,1	14,2	3,3	11,0	23,6	+1,24	0,733
nHR [bpm]	14	87	87	14,0	65	112	-19,76	0,001
nSV [ml]	15	40,0	40,6	8,8	24,7	53,8	-0,33	1,000
nEF [%]	15	59,5	57,2	10,8	46,4	93,2	+4,92	0,020
nFS [%]	15	32,0	29,8	9,8	22,7	64,8	+6,32	0,020
nRVDd [mm]	15	18,2	18,4	3,2	13,8	25,8	+19,84	0,003
nRVDs [mm]	15	13,6	13,1	4,2	8,1	25,7	+26,95	0,004

Tabelle 40 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kaudalen Längsachse ohne Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MVO)
(Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	10,2	10,2	1,2	7,8	12,5	-0,93	0,460
nLVEdD [mm]	15	45,3	45,7	4,1	35,9	50,7	+1,26	0,496
nLVPWd [mm]	15	9,0	8,6	1,5	6,7	12,2	-6,23	0,016
nIVSs [mm]	15	13,9	13,8	1,8	11,9	19,0	-3,10	0,139
nLVEDs [mm]	15	30,7	31,4	2,6	24,5	34,1	-3,36	0,156
nLVPWs [mm]	15	14,0	13,8	2,0	10,6	18,6	-1,54	0,532
nHR [bpm]	14	85	82	13,5	66	105	-20,24	0,002
nSV [ml]	15	56,4	56,5	13,3	32,3	79,0	+9,21	0,112
nEF [%]	15	59,7	59,8	5,3	46,9	67,3	+8,72	0,069
nFS [%]	15	31,8	31,8	3,7	23,1	37,4	+10,81	0,088
nRVDd [mm]	15	21,4	21,0	3,3	17,5	28,5	+21,30	0,001
nRVDs [mm]	15	17,4	16,4	4,2	12,4	28,6	+20,25	0,001
nDE [mm]	15	11,8	11,2	2,6	8,3	16,2	-4,60	0,140
nEPSS [mm]	15	2,6	2,5	0,8	1,4	4,5	-19,19	0,084

Tabelle 41 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts zur Vermessung des Aortenbulbus (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nAoB1 [mm]	15	22,2	22,7	1,9	18,6	25,2	+0,59	0,776
nAoB2 [mm]	15	29,5	30,6	2,5	24,1	34,0	-2,80	0,011
nAoB3 [mm]	15	20,8	21,0	1,8	17,0	23,9	-5,91	0,001

Tabelle 42 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Aortenklappe (M-Mode Aorta) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nAo d [mm]	15	32,1	32,1	3,0	26,6	38,0	-2,59	0,088
nLA s [mm]	15	22,8	23,0	2,1	17,8	26,5	+2,90	0,125
nLA/Ao	15	0,72	0,71	0,08	0,60	0,90	+5,84	0,061

Tabelle 43 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (PM) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	11,8	11,8	1,3	10,2	15,6	-0,96	0,109
nLVEdD [mm]	15	39,4	40,7	6,0	23,3	47,4	-2,13	0,320
nLVPWd [mm]	15	10,0	9,6	2,3	7,8	17,4	+3,66	0,670
nIVSs [mm]	15	15,5	14,9	1,9	12,6	19,4	+2,28	0,955
nLVEDs [mm]	15	28,0	29,2	4,7	14,1	32,9	-3,05	0,201
nLVPWs [mm]	15	15,1	14,6	2,1	11,8	19,3	-0,96	0,670
nHR [bpm]	14	87	89	12,7	65	105	-18,81	0,003
nSV [ml]	15	39,0	39,1	12,7	13,5	61,5	-0,81	0,955
nEF [%]	15	56,5	54,3	5,5	48,7	72,4	+2,40	0,256
nFS [%]	15	29,3	27,9	3,6	24,1	39,4	+1,82	0,281
nRVDd [mm]	15	20,3	18,9	3,4	16,3	29,1	+19,60	0,006
nRVDs [mm]	15	15,6	14,5	4,6	9,5	28,8	+22,99	0,031

Tabelle 44 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt im M-Mode der rechten kranialen Längsachse mit Darstellung des linken Ausflusstrakts, gemessen auf Höhe der Mitralklappe (MV) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nIVSd [mm]	15	10,2	10,2	1,4	7,6	12,7	-1,58	0,281
nLVEdD [mm]	15	45,3	44,8	4,4	37,4	52,7	+0,56	0,820
nLVPWd [mm]	15	9,5	9,3	1,6	7,2	13,1	-1,97	0,394
nIVSs [mm]	15	12,9	12,9	1,8	9,5	16,1	-0,29	0,865
nLVEDs [mm]	15	32,8	32,8	3,0	25,7	38,1	-2,38	0,281
nLVPWs [mm]	15	14,3	13,9	2,2	11,1	19,1	-1,54	0,460
nHR [bpm]	14	90	94	16,4	61	116	-17,11	0,008
nSV [ml]	15	51,0	50,5	14,7	18,3	71,7	+8,11	0,112
nEF [%]	15	53,0	54,8	8,2	30,3	61,9	+6,94	0,006
nFS [%]	15	27,3	28,3	5,0	14,0	33,3	+8,28	0,004
nRVDd [mm]	15	22,5	22,5	2,7	18,5	27,3	+19,79	0,001
nRVDs [mm]	15	18,1	17,3	4,2	11,4	29,8	+23,53	0,001
nDE [mm]	15	15,5	15,5	2,6	10,3	20,1	-2,68	0,589
nEPSS [mm]	15	7,3	7,5	1,7	4,1	10,4	-3,38	0,609

Tabelle 45 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, Flächen gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nFad [cm ²]	15	29,99	31,05	4,39	24,40	38,71	-1,16	0,394
nFid [cm ²]	15	16,48	16,68	2,41	12,50	20,16	+1,71	0,363
nFid/genau [cm ²]	15	12,66	13,38	2,14	8,91	15,54	+0,76	0,609
nFas [cm ²]	15	23,96	23,31	3,49	18,07	29,93	+0,08	0,776
nFis [cm ²]	15	7,80	7,68	1,52	4,94	9,66	+0,46	0,910
nFis/genau [cm ²]	15	4,68	4,84	1,05	3,04	6,45	-2,01	0,426
nFAC [%]	15	52,6	54,4	5,7	41,0	64,0	+1,72	0,532
nFAC/genau [%]	15	63,1	64,1	4,8	53,9	71,9	+2,12	0,281

Tabelle 46 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nRVWd [mm]	15	6,2	5,9	0,9	5,3	8,0	-2,13	0,532
nRVDd [mm]	15	21,5	22,7	4,8	13,7	28,4	+18,67	0,006
nIVSd [mm]	15	12,4	12,0	1,5	10,3	15,2	-5,69	0,011
nLVEdD [mm]	15	38,8	40,2	3,8	30,2	42,8	-2,14	0,125
nLVPWd [mm]	15	9,6	9,2	1,2	8,0	11,7	+0,30	0,589
nRVWs [mm]	15	8,4	8,4	1,0	6,9	10,3	-6,31	0,112
nRVDs [mm]	15	19,1	18,2	5,0	13,1	28,6	+21,64	0,001
nIVSs [mm]	15	17,5	17,8	2,0	14,5	21,3	-1,25	0,394
nLVEDs [mm]	15	27,0	27,4	3,2	20,3	30,9	-4,39	0,061
nLVPWs [mm]	15	13,9	12,8	2,3	10,7	18,1	+3,45	0,427
nHR [bpm]	14	87	87	14,6	64	109	-19,85	0,002
nSV [ml]	1	33,0	33,0		33,0	33,0	1,37	*
nEF [%]	2	62,6	62,6	3,0	60,4	64,7	10,51	*
nFS [%]	15	30,3	30,2	3,4	24,5	34,8	+5,90	0,173

* Anzahl verwertbarer Messungen nicht ausreichend

Tabelle 47 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nA1d [cm²]	15	34,61	35,70	4,35	27,38	41,88	+0,23	0,532
nA2d [cm²]	15	19,33	19,94	2,58	14,26	22,45	+2,63	0,334
nRVWd [mm]	15	6,0	6,0	0,8	4,3	7,0	-4,89	0,191
nLVPWd [mm]	15	9,5	8,9	1,6	7,8	14,1	-3,32	0,118
nA1s [cm²]	15	26,76	26,45	3,40	22,61	33,01	-3,49	0,023
nA2 s [cm²]	15	9,45	9,15	1,55	6,93	12,01	-4,29	0,334
nRVWs [mm]	15	8,0	8,0	0,8	6,8	9,6	-5,48	0,088
nLVPWs [mm]	15	13,3	13,1	1,4	11,4	16,3	-2,86	0,031
ntdiast [cm]	15	0,84	0,81	0,12	0,67	1,18	-3,45	0,078
ntsys [cm]	15	1,19	1,16	0,16	1,01	1,56	-1,21	0,532

Tabelle 48 Echokardiographische Messwerte gesunder Fleckviehkälber unter Xylazin-Einwirkung (n = 15), ermittelt am zweidimensionalen Standbild der rechten kaudalen Kurzachse, gemessen auf Höhe der Ventilebene (Aok) (Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis)

Xylazin	Verwertbare Messungen	MW	Median	Stabw	Min	Max	Veränderung zur Wachmessung [%]	Signifikanz der Veränderung (p) Wilcoxon-Test
nDAo [mm]	15	25,4	25,5	1,8	22,5	29,7	-4,97	0,003
nDLA [mm]	15	25,7	26,7	2,8	20,4	28,9	+1,27	0,887
nLA/Aok	15	1,02	1,03	0,12	0,84	1,20	+6,41	0,036

Durch Vergleiche der Wachmessungen mit den Messungen unter Narkose mittels Wilcoxon-Test zeigte sich, dass Xylazin wesentlich häufiger signifikante Veränderungen auf die Herzdimensionen verursacht als Isofluran (vgl. Kapitel [3.4.6](#) und [3.4.7](#)).

Xylazin bewirkte eine Verringerung der Herzfrequenz um bis zu 20 %, Unter Isofluran-Narkose stieg die Herzfrequenz um bis zu 10 % an.

Die für die Aorta ermittelten Werte AoB2 und AoB3 verringerten sich nach Injektion von Xylazin signifikant ($p = 0,011$ bzw. $p = 0,001$), ebenso der in der Kurzachse ermittelten Wert DAo ($p = 0,003$) wodurch das Verhältnis LA/Aok um 6,4 % anstieg ($p = 0,036$), im Gegensatz dazu veränderten sich die Messergebnisse aber kaum unter Einfluss von Isofluran.

Der diastolische Durchmesser des rechten Ventrikels nahm durch Xylazin durchschnittlich um 19,9 % zu, während Isofluran eine mittlere Abnahme um 8,1 % bewirkte.

Die Ejektionsfraktion (EF[%]) des linken Ventrikels stieg durch Xylazin teils signifikant an, wohingegen durch Isofluran eine nicht signifikante Abnahme in allen Schnittebenen zu beobachten war.

Der diastolische Längsdurchmesser des linken Ventrikels, gemessen in der rechten kaudalen Längsachse, verringerte sich durch Isofluran signifikant um 3,5 %, stieg im Vergleich dazu nicht signifikant unter Xylazin-Einwirkung.

Isofluran bewirkte eine Abnahme der diastolischen Fläche des linken Ventrikels, gemessen in der Kurzachse, während eine Zunahme der Dicke der linken freien Ventrikelwand in der Diastole (LVPWd und tdiast) zu beobachten war ($p < 0,05$). Durch Xylazin konnte hier keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

4. DISKUSSION

Die Größe des Rindes erschwert zahlreiche diagnostische Maßnahmen. Körpergröße und Körperkondition beeinflussen auch die Untersuchung des Herzens (BRAUN und SCHWEIZER, 2001; BRAUN et al., 2001). Oftmals werden pathologische Veränderungen erst in der Sektion erkannt. Dabei können die klinische Untersuchung und die Interpretation der Laborergebnisse sinnvoll durch die Echokardiographie ergänzt werden.

Voraussetzung zur objektiven Beurteilung von physiologischen und pathologischen Verhältnissen ist die Einhaltung gewisser Standards während der Messungen und Referenzwertangaben in der Literatur für die entsprechende Spezies zur Orientierung.

4.1 PATIENTEN

Die Probanden waren allesamt Patienten der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU München. Kälber im Alter von bis zu drei Monaten werden dort zahlreich behandelt. Im Gegensatz zu adulten Tieren wurden bei Jungtieren selten Herzgeräusche festgestellt. Für Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh liegen in der Literatur keine Referenzwerte für die echokardiographische Messung vor. AMORY et al. (1991) wie auch CESBRON et al. (2008) beschäftigten sich vorwiegend mit der Untersuchung von Kälbern der Rasse Holstein Friesian.

Im Vorfeld wurde an klinikeigenen Tieren die Anwendbarkeit der Methode getestet. Im Stand zeigte sich die Mehrheit der Tiere unruhig und unkooperativ, selten konnte die Schallkopfposition derart lange gehalten werden, dass verwertbare Sequenzen für die Messungen aufgezeichnet werden konnten. Dem Vorbild der Kleintierpraxis entsprechend wurde ein Lochtisch angefertigt. Ein Ausschnitt im Tisch ermöglichte die Untersuchung der auf der Seite liegenden Kälber von unten, mit dem Vorteil, dass sich das Herz schwerkraftbedingt der seitlichen Brustwand annähert und die Lungen weniger störend in das akustische Fenster reichen (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998).

Die wichtigsten Parameter (vgl. [Tabelle 58](#) und [Tabelle 59](#)) ließen sich von der rechten Körperseite aus darstellen. Dem Tier wurde zudem Stress durch Umlagerung erspart und die Untersuchungsdauer erheblich verkürzt.

Nachdem in der Literatur unterschiedlich über die Auswirkung der Narkose am Herzen berichtet wird (BREITHARD, 2001; LINDE et al., 2004; STEIN et al., 2007), sollte die Wirkung von reiner Isofluran-Narkose am Herzen von Fleckvieh-Kälbern überprüft werden.

Gewisse therapeutische Maßnahmen bei Kälbern erfordern eine Sedation. In der Klinik wird hierfür eine 2 %ige Xylazin-Lösung verwendet. Diese Umstände ermöglichten eine vergleichende Untersuchung der beiden Narkoseformen. Da die Untersuchungen im Wachzustand ebenfalls in rechter Seitenlage durchgeführt wurden, konnte ein direkter Vergleich der Messungen vollzogen werden. Lagerungsbedingte Unterschiede konnten ausgeschlossen werden.

Zur Ermittlung der Referenzwerte wurden zusätzlich 20 Kälber kurz vor der Entlassung aus der Klinik ohne Narkose untersucht. Die Anzahl der insgesamt zu untersuchenden Tiere wurde willkürlich festgelegt. Nachdem der angefertigte Untersuchungstisch eine maximale Tragkraft von ca. 100 kg aufwies und die Verbringung der Tiere in Seitenlage mit einem gewissen Kraftaufwand verbunden war, wurde das maximale Alter der Probanden auf drei Monate und deren maximales Gewicht auf 80 kg festgelegt. Durch die verschiedenen Krankheitsbilder und den unterschiedlichen Ernährungszustand der Tiere entstanden inhomogene Gewichts- und Altersklassen.

CESBRON et al. berichten 2008 über die Messungen an 15 Tieren, welche in der zweiten bis vierten Lebenswoche untersucht wurden. Sie konnten im Gegensatz zu der vorliegenden Studie keinen Zusammenhang der Messwerte zum tatsächlich gemessenen Körpergewicht nachweisen, was höchstwahrscheinlich mit der geringen Variation der Daten zusammenhängt. AMORY und LEKEUX zeigen in ihrer Studie von 1991 dagegen einen sehr deutlichen Zusammenhang der Herzdimensionen zum Körpergewicht auf.

Zur Klärung bestimmter Fragestellungen, wie dem Zusammenhang der Messwerte zum tatsächlichen Körpergewicht oder einer etwaigen Veränderung der Herzdimensionen durch beispielsweise Anämie oder Exsikkose sollten größere und homogenere Gruppen ausgewählt werden. Interessant wäre auch die Beobachtung einer Gruppe über längere Zeit (vgl. AMORY und LEKEUX, 1991).

Im Verlauf der Studie ergaben sich weiterführende Fragestellungen (z.B. Einfluss von Infusionstherapie, Fieber oder Dauer der Narkoseeinwirkung auf die Herzdimensionen), deren abschließende Beantwortung mit einem größeren Stichprobenumfang möglich ist.

4.2 PRÄZISION

Die Untersuchungen sowie deren Auswertungen wurden von ein und derselben Person durchgeführt. Diese Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass wiederholt Fehler gleicher Art gemacht werden.

AMORY et al. (1991) wiederholten ihre Messungen nach 24 Stunden, um die Reproduzierbarkeit der Messungen zu testen. SCHWEIZER (1998) überprüfte die Anwendbarkeit seiner Methode, indem er bei 11 Tieren eine Wiederholungsmessung drei Tage nach der ersten Messung durchführte. DUKES-MCEWAN et al. (2002) ließen sechs Hunde durch zwei erfahrene Echokardiographen an drei verschiedenen Tagen untersuchen, wobei die Variationsbreite und Reproduzierbarkeit der insgesamt 65 ermittelten Parameter bestimmt werden sollte. Nachdem die vorliegende Studie nicht im Sinne eines Tierversuchs durchgeführt wurde, konnten die Untersuchungen nicht beliebig wiederholt werden. Jede Narkose diente rein therapeutischen Zwecken. Zwar wurden manche Kälber wiederholt zu Verbandswechseln oder Röntgenkontrollen sediert, allerdings nicht immer in regelmäßigen, standardisierten Abständen. In der Klinik gab es des Weiteren über die gesamte Dauer der Studie keinen weiteren Untersucher, der im Bereich der Echokardiographie ein vergleichbares Maß an Erfahrung aufweisen konnte, weshalb auf eine Überprüfung der Interobserver-Variabilität verzichtet werden musste.

Im Gegensatz zu HALLOWELL et al. (2007) wurde in der vorliegenden Arbeit jede Schnittebene aufs Neue eingestellt und nur eine Diastole mit zugehöriger Systole pro Sequenz verwertet. Dies kann zwar zu einer Erhöhung des Variationskoeffizienten führen, ist aber wesentlich aussagekräftiger im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit der Methode. Mit der Zeit verfeinerte sich die Technik der Untersucherin, was zur Folge hatte, dass sich die Qualität der Aufnahmen gegen Ende der Studie verbessert hatte und weniger Sequenzen verworfen werden mussten. Der geübte Untersucher verfügt über eine konstantere Arbeitsweise, was sich nicht zuletzt auch in der Präzision der Messungen bemerkbar macht.

Zunächst wurde ein Variationskoeffizient von 5 % als obere Grenze für präzise Messungen festgelegt. Nachdem aber unter diesen Bedingungen selbst die Herzfrequenz, welche automatisch durch ein parallel aufgezeichnetes EKG ermittelt wurde, als nicht präzise gemessen anzusehen war, wurde die Grenze auf einen VC von 10 % angehoben. Bereits 1998 berichtet SCHWEIZER davon, dass der rechte Ventrikel nicht reproduzierbar zu vermessen ist. Auch in der vorliegenden Studie konnten kaum präzise Messungen für die rechte Kammer und deren Wand durchgeführt werden.

Auffallend war, dass Messungen unter Narkoseeinwirkung nicht zwingend präziser ausfielen als die im Wachzustand durchgeführten. Wie aus Kapitel [3.4.2](#) entnommen werden kann, gab es nur wenige signifikante Unterschiede zwischen der Präzision der Wach- und Narkosemessungen. Besonders in M-Mode-Darstellungen ist es wichtig, den Messstrahl auf die zu vermessenden Strukturen möglichst senkrecht auszurichten. Diese Art von Fehler fiel oft erst bei späterer genauerer Betrachtung der gespeicherten Sequenzen auf und führten dazu, dass zahlreiche Sequenzen verworfen werden mussten. Die Vermessung der kaudalen kurzen Achse auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) war nur bei sechs Tieren (12 %) per M-Mode möglich. Die achsensymmetrische Positionierung des Messstrahls bereitete hier große Schwierigkeiten, weshalb die Vermessung dieser Schnittebene meist am 2D-Standbild durchgeführt wurde.

Mit Hilfe neuester Technik könnte die Präzision der Messungen erheblich verbessert werden. Das anatomische M-Mode ermöglicht dem Untersucher eine nachträgliche Bearbeitung der im 2-D-Modus aufgezeichneten Daten. Der Messstrahl des M-Mode wird mit Hilfe eines Cursors frei im Bild platziert, sodass eine orthogonale Ausrichtung auf die zu vermessenden Strukturen immer an gleicher Stelle möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist die wesentliche Verkürzung der Untersuchungsdauer (STROTH, 2006).

4.3 KORRELATION

In der vorliegenden Studie ergaben sich die besten Korrelationen für Alter und Gewicht der Tiere. Nach Durchführung des Kruskal-Wallis-Tests zeigten sich deutliche Unterschiede im Zusammenhang der Messungen mit Alter und Gewicht zugunsten des Körpergewichtes der Tiere. Demnach wurde trotz Fehlen einer Normalverteilung der Werte eine lineare Regressionsanalyse für den Zusammenhang der Daten zum tatsächlichen Körpergewicht der Tiere angefertigt. Ab einem Korrelationskoeffizienten

von $r = 0,4$ wurde ein guter Bezug des Parameters zum Körpergewicht angenommen. Der höchste Wert ergab sich für die Messung AoB1 (Durchmesser der Aorta in Höhe der Klappen, gemessen am 2D-Standbild) mit $r = 0,704$. Guten Bezug zum Körpergewicht zeigte auch der Innendurchmesser des linken Ventrikels in Längs- und Kurzachse, ebenso die Fläche des linken Ventrikels gemessen in der Kurzachse auf Höhe der Papillarmuskeln und auf Höhe der Chordae tendineae. 1991 erreichen AMORY und LEKEUX insgesamt höhere Rangkorrelationskoeffizienten für ihre Daten (vgl. [Tabelle 57](#)), wobei allerdings zu beachten ist, dass im Rahmen deren Studie 17 gesunde Tiere in regelmäßigen Abständen wiederholt untersucht wurden.

MOSES und ROSS (1987) ermittelten einen signifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz zum Körpergewicht der untersuchten (adulten) Schafe. Dies kann durch die vorliegende Studie nicht bestätigt werden.

Wie auch bei LINDE et al. (2004) konnte für das Geschlecht der Tiere kein Zusammenhang zu den erhobenen Werten nachgewiesen werden. Dies traf auch für den Ernährungszustand, die Laborparameter Hämatokrit und Hämoglobingehalt sowie für die Dauer der Untersuchung zu. Ob die Dauer der Narkose Einfluss auf die Herzdimensionen nimmt, könnte nur durch weitere Studien bestimmt werden, etwa durch wiederholte Messungen in definierten Zeitabständen. In dieser Studie wurde zehn Minuten nach Injektion bzw. nach Intubation mit den Aufnahmen begonnen. Die Wiederholungsmessungen wurden direkt im Anschluss durchgeführt. Nach durchschnittlich 18 Minuten waren diese bereits abgeschlossen.

Interessant wären Informationen über den Zusammenhang zwischen Herzdimensionen und Hydrationsstatus der Kälber. 2007 beschreiben CAMPBELL und KITTLESON die signifikanten Auswirkungen von Flüssigkeitssubstitution und Flüssigkeitsentzug auf die Herzdimensionen von Katzen. Zahlreiche Probanden der vorliegenden Studie litten unter Durchfall, wurden aber erst nach Abschluss der Infusionstherapie echokardiographisch untersucht.

4.4 VERGLEICH DER MESSWERTE AUS VERSCHIEDENEN SCHNITTEBENEN

Parameter, die auf gleicher Höhe (Höhe Papillarmuskel oder Mitralklappe) vermessen wurden, ergaben ähnliche Messwerte (vgl. [Tabelle 25](#) und [Tabelle 26](#)). Nach Veränderung der Achse zeigten sich meist signifikante Veränderungen. Besonders

auffällig war dies am Beispiel der Aorta zu erkennen. Bei Vermessungen des Aortenbulbus auf Klappenhöhe ergaben sich im 2D-Modus und M-Mode signifikant unterschiedliche Werte. Im M-Mode der kranialen Längsachse ergab sich ein Verhältnis LA/AO von $0,69 \pm 0,08$, in der kranialen kurzen Achse betrug das Verhältnis von linkem Vorhof zur Aorta $0,96 \pm 0,08$. Diese Unterschiede entstanden höchstwahrscheinlich dadurch, dass der Messstrahl des M-Mode der Längsachse nicht korrekt senkrecht platziert werden konnte, da die Aorta relativ steil aus der linken Kammer entspringt. Mögliche Ursache wäre auch ein Verkippen des Sondenkopfes beim Wechsel von Längs- zu Kurzachse.

Auffallend war auch bei der Betrachtung der Messwerte aus den verschiedenen Schnittebenen, dass sich für die linke freie Ventrikelwand in der Diastole (LVPWd) relativ konstante Werte ergaben (s. [Tabelle 25](#)). Die Dickenzunahme in der Systole war wiederum abhängig von der Schnitthöhe. Auf Höhe der Papillarmuskeln konnten in der Längsachse höhere Werte gemessen werden als auf Höhe der Mitralklappen. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass die Papillarmuskeln bei der Einstellung der Achse nicht korrekt ausgeblendet wurden. Es könnte aber auch mit der Anatomie des Herzskeletts zusammenhängen. Die Anuli fibrosi und die Ossa cordis liegen in der Ventilebene, welche der Formstabilität der Ursprungsstellen von Aorta und Truncus pulmonalis sowie der Atrioventrikularöffnungen dienen und eine stärkere Kontraktion des Herzens hier nicht ermöglichen.

Für nachfolgende Studien wird empfohlen, die Anzahl der Schnittebenen zu reduzieren, die Untersuchungsdauer würde somit erheblich verkürzt. In der vorliegenden Arbeit wurden zehn Schnittebenen untersucht und davon in fünf die gleichen Parameter vermessen. Für die echokardiographische Untersuchung von gesunden Kälbern könnten sämtliche relevante Informationen aus folgenden Einstellungen erfasst werden: Vier-Kammer-Blick, Längsachse mit Ausflusstrakt (M-Mode in Höhe der Papillarmuskeln und der Mitralklappe sowie M-Mode der Aorta) und Kurzachse in Höhe der Papillarmuskeln. Für die Zukunft ist die Anwendung der Doppler-Untersuchungsmethode als nicht wenig interessant anzusehen.

4.5 VERGLEICH DER MESSWERTE AUS WACH- UND NARKOSEMESSUNGEN

Im Gegensatz zu den Untersuchungen von LINDE et al. (2004) konnte in dieser Arbeit selten ein signifikanter Unterschied zwischen Wach- und Isofluran-Narkosemessungen nachgewiesen werden. Die meisten Veränderungen dieser Art zeigten sich in Bezug auf den rechten Ventrikel, welcher aber mit einem Variationskoeffizienten von $> 10\%$ in fast allen Schnittebenen als nicht präzise messbar angesehen werden musste. Signifikant war die Abnahme des diastolischen linksventrikulären Längsdurchmessers (LVLd) gemessen am Standbild der rechten kaudalen Längsachse um $3,5\%$, die Verringerung der diastolischen Flächen (Fad, Fid, Fid genau) des linken Ventrikels in der kaudalen kurzen Achse auf Höhe der Papillarmuskeln (LVk) und die Zunahme der durchschnittlichen diastolischen Stärke der linken Ventrikelwand (tdiast) gemessen in der kaudalen Kurzachse auf Höhe der Chordae tendineae (CTk) um $5,3\%$.

Wie bereits bei ERHARDT et al. (2004) beschrieben, verursacht Isofluran bei klinisch gesunden Tieren nur geringe negative Inotropie, allerdings kommt es durch Vasodilatation zu einer Verringerung des peripheren Gefäßwiderstandes und dadurch zu einer kompensatorischen Tachykardie und einem Absinken des Blutdrucks. Das Schlagvolumen kann leicht abnehmen. Letzteres konnte in dieser Studie bestätigt werden. Das Schlagvolumen, wenn auch als nicht präzise messbar einzustufen, verringerte sich in allen Schnittebenen. Die Herzfrequenz stieg im Durchschnitt von 110 Schlägen pro Minute auf 120 Schläge pro Minute, keine signifikante Veränderung, aber auffällig.

Die Messungen unter Einfluss von Xylazin zeigten wesentlich mehr signifikante Veränderungen zu den Wachmessungen. Am Auffälligsten war der Abfall der Herzfrequenz von durchschnittlich 20% .

RIOJA et al. (2008) beschreiben in ihrer Studie, dass es durch Xylazin zu einem Abfall der Herzfrequenz kommt, während der zentrale Venendruck, der Lungenarteriendruck und der Partialdruck von CO_2 zunehmen. Der systemische arterielle Blutdruck und der Gefäßwiderstand sinken unter Xylazin-Einwirkung.

Die Abnahme des Gefäßwiderstandes könnte erklären, weshalb die Dimensionen des Aortenbulbus (AoB 2 und 3) um $2,8$ bzw. $5,9\%$ abnahmen. Ebenso war in der Kurzachsendarstellung der Aorta eine signifikante Abnahme des diastolisch

gemessenen Aortendurchmessers um 5 % zu beobachten, was einen Anstieg von LA/Aok zur Folge hatte.

EF, FS und RVDd u RVDs wurden durch Xylazin teils signifikant verändert, wobei aber diese Parameter auf Grund eines Variationskoeffizienten $> 10\%$ zumeist als nicht präzise messbar eingestuft werden mussten.

Für das Erlernen der echokardiographischen Untersuchung ist eine Narkose nicht notwendig, da sich Tiere in ruhiger Umgebung sehr schnell an die Fixierung gewöhnen, zum Teil sogar einschlafen. Für Anfänger ist es sicherlich hilfreich, längere Zeit in Ruhe am Tier zu üben. Im Rahmen dieser Studie wurde Wert darauf gelegt, die Kälber so wenig als möglich zu belasten. Die Tiere wurden lediglich zu Therapiezwecken in Narkose bzw. Sedation versetzt.

Die Ergebnisse lassen weiterhin vermuten, dass eine Isofluran-Narkose für das Herz-Kreislauf-System des Tieres weniger belastend ist als eine Narkose mittels Xylazin.

Da sich die Messwerte unter Isofluran-Narkose weniger signifikant verändern als durch den Einfluss von Xylazin, sollte im Zweifelsfall die Entscheidung zu Gunsten der Vollnarkose gefällt werden. Die Inhalations-Narkose kann zudem besser gesteuert und gleichmäßiger aufrechterhalten werden als die Injektionsnarkose.

4.6 VERGLEICH VON MESSWERTEN AUS VERSCHIEDENEN STUDIEN

Vergleicht man die echokardiographischen Werte dieser Studie mit solchen aus vorhergehenden Arbeiten (s. [Tabelle 48](#)), fallen Ähnlichkeiten auf. So sind diastolisch gemessenen Werte für das Interventrikulärseptum (IVSd) bei Kälbern in allen drei Arbeiten vergleichbar, ebenso die Werte für die Aorta und für den systolischen linksventrikulären Innendurchmesser - hier sind die Werte auch beim Schaf ähnlich. Auf das Körpergewicht bezogen, stimmen die Werte aber keineswegs überein. Anders verhält es sich mit den gemessenen Werten für die linke freie Ventrikelwand in der Systole (LVPWs) aus der vorliegenden Studie und denen von AMORY und LEKEUX 1991 ermittelten. Hier wird ein Zusammenhang erst klar, nachdem der Quotient aus Variable und Gewicht gebildet wurde. Durch das Fehlen von Referenzwertangaben ist es also nicht unbedingt möglich, die ermittelten Werte anhand des Körpergewichtes der Tiere umzurechnen, wie es in älteren Studien praktiziert wurde (REEF und HATTEL, 1984). HALLOWELL et al. (2007) wurde in ihrer Arbeit der direkter Vergleich der für

zwei Rassen ermittelten Daten jedoch erst möglich, nachdem sie eine Korrektur der Werte über das Gewicht des jeweiligen Einzeltieres durchgeführt hatten.

Werden Mittelwerte einer Gruppe verglichen, sollte neben der Rasse der Tiere unbedingt immer auf Alter und Gewicht geachtet werden. CESBRON et al. (2008) untersuchten Holstein Friesian Kälber in einem Alter von zwei bis vier Wochen. Die Werte ähneln denen der in dieser Arbeit für Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh ermittelten. AMORY und LEKEUX (1991) wählten auch Holstein Friesian Kälber für ihre Studie aus, jedoch ältere Tiere mit einem höheren Durchschnittsgewicht. Hier zeigen sich bereits deutliche Unterschiede. Die adulten Schafe, die in der Arbeit von MOSES und ROSS (1987) untersucht wurden, entsprechen eher der Gewichtsklasse der Kälber, welche von AMORY und LEKEUX (1991) untersucht wurden, deren Werte passen aber nur selten zu denen der Kälber. Verschiedene Arten von Wiederkäuern lassen sich demnach nicht direkt vergleichen.

Das von CESBRON et al. (2008) ermittelte Verhältnis LA/Ao liegt mit 1,11 wesentlich höher als das in anderen Arbeiten ermittelte und ähnelt eher dem von LINDE et al. (2004) für Chinchillas angegebenen als dem anderer Wiederkäuer.

Auffallend beim Vergleich der verschiedenen Studien ist auch ein deutlicher Unterschied der prozentualen Verkürzungsfraction des linken Ventrikels. AMORY und LEKEUX (1991) ermittelten einen wesentlich höheren Wert. Dies könnte allerdings aus einer deutlich höheren Präzision der Durchführung der Messungen durch größere Erfahrung in der Echokardiographie resultieren.

Die Gesamtheit der Ergebnisse macht somit deutlich:

Voraussetzung zur objektiven Beurteilung von physiologischen und pathologischen Verhältnissen ist die Einhaltung gewisser Standards während der Messungen sowie Referenzwertangaben in der Literatur für die entsprechende Spezies zur Orientierung!

Tabelle 49 Vergleich von echokardiographischen Daten verschiedener Studien

bestimmte Parameter	diese Studie		AMORY und LEKEUX (1991)		CESBRON (2008)	MOSES und ROSS, (Schafe) (1987)	
	MW	Quotient Variable/ Gewicht	MW	Quotient Variable/ Gewicht	MW	MW	Quotient Variable/ Gewicht
HR [bpm]	109					96	
Körpergewicht [kg]	51,4		70,9			73,5	
Alter [Tage]	23		64				
Körperoberfläche [m ²]	1,24		1,82				
Interventrikulärseptum, sys. [mm]	15,0	0,29	18,6	0,26	16,64	14,1	0,19
Interventrikulärseptum, diast. [mm]	11,4	0,22	11,8	0,17	11,90	9,4	0,13
Linksventr. Innendurchmesser, sys. [mm]	30,8	0,60	28,6	0,40	30,07	32,3	0,44
Linksventr. Innendurchmesser, diast. [mm]	42,8	0,83	49,3	0,70	44,57	51,7	0,70
linke freie Ventrikelwand, sys. [mm]	14,6	0,28	19,7	0,28		15,3	0,21
linke freie Ventrikelwand, diast. [mm]	9,6	0,19	12,0	0,17		8,9	0,12
Aorta [mm]	33,0	0,64	31,1	0,44	31,18	32,9	0,45
Linker Vorhof [mm]	22,5	0,44	25,1	0,35	34,31	30,2	0,41

Tabelle 49 (fortgesetzt) Vergleich von echokardiographischen Daten verschiedener Studien

bestimmte Parameter	diese Studie		AMORY und LEKEUX (1991)		CESBRON (2008)	MOSES und ROSS, (Schafe) (1987)	
	MW	Quotient Variable/ Gewicht	MW	Quotient Variable/ Gewicht	MW	MW	Quotient Variable/ Gewicht
Rechtsventr. Innendurchmesser, sys. [mm]	13,7	0,27	9,6	0,14		13,6	0,19
Rechtsventr. Innendurchmesser, diast. [mm]	17,5	0,34	16,8	0,24		20,3	0,28
Verkürzungsfraction linker Ventrikel-Durchmesser [%]	28,1		41,6			37,2	
Verkürzungsfraction linke freie Ventrikelwand [%]			66,7			75,1	
Verkürzungsfraction rechter Ventrikel-Durchmesser [%]			43,2				
Verhältnis Interventrikulärseptum/ linke freie Ventrikelwand	1,19		1,01			1,07	
Verhältnis linker Vorhof/Aorta	0,69		0,81		1,11	0,92	
RVWd [mm]	6,7	0,13				5,1	0,07
RVWs [mm]	9,2	0,18				9,4	0,13

5. ZUSAMMENFASSUNG

(Martina Amberger, 2009)

Echokardiographische Untersuchungen von Kälbern der Rasse Deutsches Fleckvieh
zur Ermittlung von Referenzwerten
und Prüfung des Einflusses von Xylazin und Isofluran auf die Herzdimensionen

Nachdem bis heute für Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh keinerlei echokardiographische Referenzwerte existierten, war es Ziel dieser Arbeit solche anhand der Untersuchungen von 50 Kälbern im Alter von bis zu drei Monaten mit einem maximalen Gewicht von 80 kg zu ermitteln. Alle Tiere waren zur Zeit der Untersuchung Patienten der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Für 30 Kälber wurden die Parameter zusätzlich zur Wachmessung unter Narkose bestimmt, davon 15 Tiere unter Einwirkung von 2%iger Xylazin-Lösung und weitere 15 unter reiner Isofluran-Narkose. Alle Tiere wurden lediglich zu therapeutischen Zwecken in Narkose versetzt. 20 Tiere wurden kurz vor der Entlassung aus der Klinik ohne Narkose untersucht.

Sämtliche Messungen wurden am, in rechter Seitenlage fixierten Tier durchgeführt. Für die Untersuchungen wurde ein eigens angefertigter Untersuchungstisch, ähnlich den in der Kleintiermedizin verwendeten, benutzt. Parallel wurde ein EKG aufgezeichnet.

Insgesamt wurden 10 Schnittebenen im 2D- bzw. M-Mode ausgewertet, von jeder Messung wurden drei Wiederholungsmessungen durchgeführt und aus diesen Mittelwert (MW), Median, Standardabweichung (Stabw), Minimum (Min) und Maximum (Max) sowie der Variationskoeffizient (VC) berechnet.

Für jedes Tier entstand so eine Datensammlung von jeweils 100 Einzelparametern.

Die Untersuchungen wurden im Wachzustand wie in Narkose gleichermaßen durchgeführt.

Die Berechnung des Variationskoeffizienten zeigte, dass sich die Präzisionen der Messungen von Wach- und Narkosezustand nicht erheblich unterschieden. Als nicht reproduzierbar galten Werte mit einem $VC > 10\%$, dazu zählten die meisten Messungen des rechtsventrikulären Durchmessers in der Systole (RVDs), das

Schlagvolumen (SV), die prozentuale systolische Durchmesserverkürzung des linken Ventrikels (FS) sowie der Abstand der maximalen frühdiastolischen Mitralklappenöffnung (Punkt E) zum Kammerseptum (EPSS).

Der linksventrikuläre Innendurchmesser und die Aorta in Längs- und Kurzachse konnten am präzisesten vermessen werden.

Eine lineare Regressionsanalyse zeigte einen deutlichen Zusammenhang für die ermittelten Werte zum tatsächlichen Körpergewicht der Tiere, vor allem für den linksventrikulären Innendurchmesser, den Durchmesser der Aorta in Kurz- und Längsachse sowie für die Flächenberechnungen des linken Ventrikels in der Kurzachse. Xylazin verursachte die meisten signifikanten Veränderungen am Herzen der Tiere. Am auffälligsten war die Verringerung der Herzfrequenz um bis zu 20 %, unter Isofluran-Narkose stieg die Herzfrequenz um bis zu 10 %.

Die für die Aorta ermittelten Werte AoB2 und AoB3 verringerten sich nach Injektion von Xylazin signifikant ($p = 0,011$ bzw. $p = 0,001$), ebenso der in der Kurzachse ermittelte Wert DAo ($p = 0,003$) wodurch das Verhältnis LA/Aok um 6,4 % anstieg ($p = 0,036$), im Gegensatz dazu veränderten sich die Messergebnisse aber kaum unter Einfluss von Isofluran. Der diastolische Durchmesser des rechten Ventrikels nahm durch Xylazin durchschnittlich um 19,9 % zu, während Isofluran eine mittlere Abnahme um 8,1 % bewirkte. Die Ejektionsfraktion (EF[%]) des linken Ventrikels stieg durch Xylazin in einigen Schnittebenen signifikant an, wohingegen durch Isofluran eine nicht signifikante Abnahme in allen Schnittebenen zu beobachten war. Der diastolische Längsdurchmesser des linken Ventrikels, gemessen in der rechten kaudalen langen Achse, verringerte sich durch Isofluran signifikant um 3,5 %, stieg im Vergleich dazu nicht signifikant unter Xylazin-Einwirkung.

Isofluran bewirkte eine Abnahme der diastolischen Fläche des linken Ventrikels, gemessen in der Kurzachse, während eine Zunahme der Dicke der linken freien Ventrikelwand in der Diastole (LVPWd und tdiast) zu beobachten war ($p < 0,05$). Durch Xylazin konnte hier keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

Gegen Ende der Studie wurde deutlich, dass die Reproduzierbarkeit der Daten wesentlich abhängig ist von der Erfahrung des Untersuchers. Messungen unter Narkose scheinen für den Anfänger zwar hilfreich, doch muss hier wieder das Maß der Veränderung der Dimensionen durch die Art der Narkose bekannt sein, damit Werte

korrekt interpretiert werden können. Dafür reicht der Umfang dieser Arbeit nicht aus. Die hier verwendeten Gruppen waren zu inhomogen und zu klein, als dass man zuverlässige Aussagen machen könnte. Diese Arbeit kann als Ansatz für weiterführende Studien angesehen werden. Auch wenn die Echokardiographie beim Rind nicht den Stellenwert erreichen wird wie bei Kleintier und Pferd, so bieten sich hier doch noch zahlreiche Möglichkeiten der Forschung

6. SUMMARY

(Martina Amberger, 2009)

Echocardiographic measurements of calves of the breed German Simmental to establish reference values and the examination of the influence of xylazine and isoflurane on cardiac dimensions.

Since no echocardiographic reference values exist for calves of the breed German Simmental, it was the aim of this study to establish such preliminary reference values based on investigations of 50 calves aged up to three months with a maximum weight of 80 kg. All animals were patients of the Clinic for Ruminants of the Ludwig-Maximilians-Universität München. In 30 calves, measurements were made in the awake state and under general anaesthesia, in 15 animals under the effect of xylazine, and in another 15 under pure isoflurane anaesthesia. Anaesthesia was only applied for therapeutic purposes. 20 animals were examined in the awake state only. All measurements were made with the animals in forced right lateral recumbency. An ECG was recorded simultaneously. For the investigations, a custom-made examination table was used, similar to those used in the small animal medicine. The investigations in calves in the awake state and under general anesthesia were carried out in the same way.

A total of 10 beam positions in 2D and M-mode were evaluated in three replicate measurements. Mean, median, standard deviation, minimum, maximum, and coefficient of variation were calculated. For each animal, 100 individual parameters were recorded.

Precisions of measurements made in calves in the awake state did not differ significantly from those made in calves under general anesthesia. Parameters with a VC > 10 % were considered to be insufficiently reproducible. This included the majority of measurements of right ventricular diameter in systole, stroke volume, fractional shortening, and E-point-to-septal-separation. Left ventricular internal diameter and the aorta in longitudinal and short axis could be measured most precisely. Linear regression analysis showed a clear correlation of determined values with the body weight of the animals, especially for the left ventricular internal diameter, the diameter of the aorta in

the short and long axis, and for the area calculations of the left ventricle in short axis. Xylazine caused the most significant changes in the heart of the animals. Most striking was the reduction in heart rate by up to 20%. Under isoflurane anesthesia, heart rate increased by up to 10%. After injection of xylazine AoB2 (maximum diameter of aortic bulbus) and AoB3 (diameter of aorta ascendens) decreased significantly ($p = 0011$, $p = 0001$ respectively), as well as DAO (aortic diameter in right cranial short axis) ($p = 0003$) in the short axis whereby LA/Aok (Size ratio between the left ventricle and aorta as measured in the short axis) increased to 6.4 % ($p = 0036$), in contrast results changed but little under the influence of isoflurane.

Under xylazine, the diastolic diameter of the right ventricle increased 19,9 % on average, while isoflurane anesthesia resulted in a mean decrease of 8.1 %. The ejection fraction of the left ventricle increased under xylazine in some views significantly, whereas isoflurane caused a non-significant decrease in all beam positions. The longitudinal diastolic diameter of the left ventricle measured in the right caudal long axis was significantly reduced by isoflurane by 3.5 %, but increased not significantly under xylazine exposure. Isoflurane caused a decrease of the diastolic area of the left ventricle measured in short axis, while an increase in the thickness of the left ventricular posterior wall in diastole (LVPWd and tdiast, diastolic measurement of left ventricular posterior wall and calculated mean average of diastolic left ventricular wall thickness) was observed ($p < 0.05$). Under the influence of xylazine, no significant change was detected in this parameter. Towards the end of the study it became clear that the reproducibility of the data significantly depends on the experience of the investigator. Measurements under anaesthesia may appear easier to make for the beginner, but the degree of change in the dimensions due to the type of anaesthesia has to be taken into account if the values are to be interpreted correctly. The scope of this work is not sufficient for that. The groups that were used were too inhomogeneous and too small to make reliable statements. This approach can be considered to be used for further studies. Although echocardiography in cattle probably will never attain the importance it has in small animal and equine medicine, it still offers numerous opportunities for research.

7. ANHANG

7.1 TABELLEN AUS DER LITERATUR:

Tabelle 50 Durchschnittliche Messwerte von Rinderherzen, ermittelt im M-Mode (PIPERS et al., 1978a)

Messparameter	Mittelwerte (n = 15)
Herzfrequenz [Schläge/min]	47,8
Rechter Ventrikel-Durchmesser [cm]	3,04
Linker Ventrikel-Durchmesser (Systole) [cm]	3,973
Linker Ventrikel-Durchmesser (Diastole) [cm]	7,54
Linke Ventrikelwandstärke [cm]	2,00
Dicke des Interventrikulärseptums [cm]	2,24
Linker Vorhof [cm]	4,8
Aortenwurzel [cm]	6,0
Mitralklappenöffnungsfläche [mm ²]	45,6
Mitralklappenschlußfläche [mm ²]	11,1
Elektromechanische Systole ($Q \cdot S_2$) [sek]	0,594
Linksventrikuläre Austreibungszeit [sek]	4,08
Prae-Ejektions Periode (PEP)/Anspannungszeit [sek]	0,551
Verkürzungsfraction [%]	43,5
Vcf / Geschwindigkeit der Faserverkürzung [m/s]	0,87
Linksventrikulärer Ausflusstrakt [cm ²]	6,9
Mitralklappenöffnungsamplitude [mm]	7,07

Tabelle 51 Messwerte zur Orientierung in einem Fall von Fallot Tetralogie (REEF und HATTEL, 1984)

Messparameter	Mittelwerte und Standardabweichungen bei gesunden, adulten Rindern
rechter Ventrikel [cm]	$3,04 \pm 0,560$
linker Ventrikel, diastol. [cm]	$7,54 \pm 0,802$
linker Ventrikel, systol. [cm]	$3,97 \pm 1,163$
freie Wand linker Ventrikel [cm]	$2,00 \pm 0,190$
Dicke Interventrikulärseptum [cm]	$2,24 \pm 0,255$
Aortenwurzel [cm]	$6,00 \pm 0,400$
linker Vorhof [cm]	$4,80 \pm 0,537$
Verkürzungsfraction der kurzen Achse [%]	$43,5 \pm 5,8$

Tabelle 52 Schallkopfpositionen und Ausrichtungen zur Echokardiographie von Haustieren (YAMAGA und TOO, 1984)

Herzstrukturen	Scan	Rinder & Ziegen (stehend)	Pferde (stehend)	Hunde (versch. Positionen)
Mitralklappe	Position	rechts 3., 4. ICR, knapp oberhalb des Olekranons	rechts 4., 5. ICR, dorsal des Olekranons	rechts 3. – 5. ICR, knapp oberhalb des Sternums
	Ausrichtung	nach kaudal zum linken Olekranon		
Aortenklappe	Position	wie oben		
	Ausrichtung	leicht kraniodorsal der Ausrichtung zur Mitralklappe		
Trikuspidalklappen	Position	wie oben, knapp oberhalb der Position der Mitralklappe		
	Ausrichtung	nach kranial zum rechten Olekranon		
Pulmonalklappe	Position	links, 3., 4. ICR, knapp oberhalb des Olekranons	links, 4., 5. ICR, knapp oberhalb des Olekranons	links, 3., 4. ICR, knapp dorsal des Sternums
	Ausrichtung	nach kranial zum rechten Olekranon		
Ventrikel	Position	links und rechts 3., 4. ICR, im Bereich des jeweiligen Olekranons	links und rechts, 4., 5. ICR, knapp oberhalb des jeweiligen Olekranons	links und rechts, 3. – 5. ICR, jeweils knapp dorsal des Sternums
	Ausrichtung	nach kaudal zum gegenüber liegenden Olekranon		

Tabelle 53 Mittelwerte von M-Mode-Messungen (YAMAGA und TOO, 1986)

Parameter	Gesunde Kühe (n=15)	Gesunde Kalbinnen (n=5)
Herzfrequenz [Schläge/min]	53,3	70,1
Körpergewicht [kg]	589,4	250,0
Linker Ventrikel-Durchmesser, Diastole [mm]	97,7	66,8
Linker Ventrikel-Durchmesser, Systole [mm]	57,0	38,2
Dicke linke freie Ventrikelwand, Diastole [mm]	21,3	13,4
Dicke linke freie Ventrikelwand, Systole [mm]	36,6	26,5
Dicke Interventrikulärseptum, Enddiastole [mm]	20,7	12,7
Durchmesser rechte Kammer [mm]	31,8	27,0
Wandstärke rechte Kammer, Enddiastole [mm]	9,3	6,8
Durchmesser Aorta [mm]	69,8	50,2
Durchmesser linker Vorhof [mm]	56,4	38,8
Verhältnis linker Vorhof/Aorta	0,81	0,78
Auswurfzeit [msek]	396	344
Verkürzungsfraction [%]	41	43
Mittlere Geschwindigkeit der Faserverkürzung [Zirk./sek.]	1,05	1,24
Frühdiastolische Klappenschlussgeschwindigkeit der Mitralklappe [mm/sek]	112,3	117,8

Tabelle 54 Echokardiographische Referenzwerte für Schafe ermittelt im M-Mode (MOSES und ROSS, 1987)

Parameter	MW	Stabw	Min. – Max.	Bezug zum Körpergewicht r
Gewicht [kg]	73,5	11,3	55,0 – 95,0	
HR [bpm]	96	21,6	66 – 138	- 0,438
RVd [mm]	20,3	5,6	12,6 – 33,5	
RVs [mm]	13,6	5,3	6,6 – 27,3	
RVWd [mm]	5,1	1,1	3,4 – 8,2	
RVWs [mm]	9,4	2,2	6,0 – 13,1	
LVd [mm]	51,7	7,4	37,3 – 63,3	0,530
LVs [mm]	32,3	4,6	24,8 – 40,5	0,465
VSd [mm]	9,4	1,7	6,2 – 13,9	0,451
VSs [mm]	14,1	2,2	10,2 – 18,6	0,448
LVWd [mm]	8,9	2,0	6,2 – 13,9	
LVWs [mm]	15,3	3,3	11,4 – 27,3	
AO [mm]	32,9	3,3	28,3 – 39,7	0,440
LA [mm]	30,2	3,5	22,6 – 36,3	0,631
LA/AO	0,92	0,10	0,79 – 1,13	
%FS	37,2	5,7	27,3 – 49,0	
LVW%Δ	75,1	28,5	30,2 – 133,9	
VS%Δ	52,4	27,7	20,4 – 150,0	
VSd/LVWd	1,07	0,18	0,7 – 1,43	
LVET [msec]	252	35	200 – 320	
Vcf [cir/sec]	1,52	0,28	1,12 – 2,04	

Tabelle 55 Für Pferde ermittelte Schnittebenen nach CARLSTEN (1987), modifiziert nach STADLER et al. (1988)

Schnitt-ebene	ICR	Positionierung und Ausrichtung des Schallkopfes	darstellbare Strukturen
1. rechts kaudal lange Achse	4.ICR	Handbreit oberhalb des Olekranons in waagerechter oder ggr. kaudodorsaler Richtung, Orientierungsmarke zwischen 350 und 10°	annähernd Vier-Kammer-Blick
2. rechts kaudal kurze Achse	4.ICR	Orientierungsmarke ca. 270°; Unterteilung in mehrere Schnittebenen bei laterolateraler bis ggr. kaudodorsaler Anschallrichtung	Papillarmuskeln Mitralklappe
3. rechts kranial kurze Achse	3.ICR	Orientierungsmarke bei 270°; Vordergliedmaße extrem vorgestellt	versch. Klappen sowie die Ausstrombahnen
4. rechts kranial lange Achse	3.ICR	Orientierungsmarke auf 0 bis 10°	Längsschnitt Pulmonalarterie mit zwei Semilunarklappen Aorta schräg angeschnitten
5. links kaudal lange Achse	4.ICR	Vordergliedmaße leicht vorgestellt, ½ bis 1 handbreit oberhalb des Olekranons in kaudodorsaler Anschallrichtung Orientierungsmarke auf 0 bis 10°	linkes Herz
6. links kaudal kurze Achse	4.ICR	Orientierungsmarke auf 250 bis 270°; waagerechte Ausrichtung, Versetzen des Schallkopfes von ventral nach dorsal, beginnend etwa ½ handbreit über dem Olekranon	ventrales Herz nahe Apex -> Papillarmuskeln -> Mitralklappen
7. links kranial kurze Achse	3.ICR	Extremes Vorstellen der Vordergliedmaße notwendig! 1 bis 1 ½ handbreit über dem Olekranon, Orientierungsmarke bei 250 bis 270°; leicht kraniodorsale Anschallrichtung	Klappenebenen beider Austreibungsbahnen
8. links kranial lange Achse	3.ICR	Orientierungsmarke auf 180°; Ausrichtung ggr. kraniodorsal	Pulmonalarterie mit Klappen längs angeschnitten, Aorta oberhalb ihrer Klappenebene schräg angeschnitten, rechtes Atrium quer geschnitten

Tabelle 56 Mittelwerte und Standardfehler 18 unsedierter gesunder Kälber der Rassen Holstein Friesian und Blauweißer Belgier (AMORY et al., 1991)

Parameter	Lange Achse		Kurze Achse	
	2D-Mode	M-Mode	2D-Mode	M-Mode
Aortenwurzel [mm]	33,4 ± 0,8	31,5 ± 0,9		
Linker Vorhof [mm]	26,3 ± 0,6	25,9 ± 0,5		
Verhältnis linker Vorhof / Aortenwurzel	0,70 ± 0,02	0,83 ± 0,02		
Dicke Interventrikulärseptum, systol. [mm]		19,9 ± 0,8	18,3 ± 0,6	19,2 ± 0,7
Dicke Interventrikulärseptum, diastol. [mm]		12,4 ± 0,4	11,8 ± 0,3	11,8 ± 0,3
Linker Ventrikel, systol. [mm]		29,1 ± 1,2	30,9 ± 1,2	28,7 ± 1,2
Linker Ventrikel, diastol. [mm]		51,3 ± 1,5	48,2 ± 1,1	50,2 ± 1,1
Linksventrikuläre freie Wand, systol. [mm]		20,5 ± 0,6	17,7 ± 0,7	19,6 ± 1,0
Linksventrikuläre freie Wand, diastol. [mm]		11,9 ± 0,4	11,1 ± 0,3	10,9 ± 0,4
Verkürzungsfraction des linken Ventrikels [%]			63,8 ± 1,8	

Tabelle 57 Echokardiographische Mittelwerte für 17 gesunde Holstein Friesian Kälber während des Wachstums (AMORY und LEKEUX, 1991)

bestimmte Parameter	Mittelwerte +/- Standardfehler	Bezug zum Körpergewicht	r
Körpergewicht [kg]	70,9 ± 5,0		
Alter [Tage]	64,0 ± 5,9		
Körperoberfläche [m ²]	1,82 ± 0,08		
Interventrikulärseptum, sys. [mm]	18,6 ± 0,5	12,4+0,09x	0,83
Interventrikulärseptum, diast. [mm]	11,8 ± 0,3	8,6+0,04x	0,82
Linksventr. Innendurchmesser, sys. [mm]	28,6 ± 0,6	25,7+0,04x	0,32
Linksventr. Innendurchmesser, diast. [mm]	49,3 ± 1,0	37,7+0,16x	0,81
linke freie Ventrikelwand, sys. [mm]	19,7 ± 0,6	12,4+0,1x	0,87
linke freie Ventrikelwand, diast. [mm]	12,0 ± 0,4	7,8+0,06x	0,67
Aorta [mm]	31,1 ± 0,7	22,2+0,12x	0,90
Linker Vorhof [mm]	25,1 ± 0,5	18,5+0,09x	0,86
Rechtsventr. Innendurchmesser, sys. [mm]	9,6 ± 0,5		
Rechtsventr. Innendurchmesser, diast. [mm]	16,8 ± 0,7	12,7+0,06x	0,60
Verkürzungsfraction Interventrikulärseptum [%]	57,7 ± 2,1		
Verkürzungsfraction linker Ventrikel-Durchmesser [%]	41,6 ± 1,0		
Verkürzungsfraction linke freie Ventrikelwand [%]	66,7 ± 2,6		
Verkürzungsfraction rechter Ventrikel-Durchmesser [%]	43,2 ± 1,9		
Verhältnis Interventrikulärseptum / linke freie Ventrikelwand	1,01 ± 0,02		
Verhältnis linker Vorhof / Aorta	0,81 ± 0,01		

Tabelle 58 Übersicht der empfohlenen Messparameter im ein- oder zweidimensionalen Echokardiogramm bei Hund und Katze (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 1998)

Messparameter	empfohlener Modus
Dicke der rechten Kammerwand	TM-Mode
Enddiastolischer Durchmesser der rechten Kammer	TM-Mode
Endsystolischer Durchmesser der rechten Kammer	TM-Mode
Enddiastolische u. endsystolische Dicke der Kammerscheidewand	TM-Mode
Enddiastolische und endsystolische Dicke der linken Kammerwand	TM-Mode
Enddiastolischer Durchmesser der linken Kammer	TM-Mode
Endsystolischer Durchmesser der linken Kammer	TM-Mode
Systolische Verkürzungsfraction (i.a. automatisch errechnet)	TM-Mode
Endsystolischer Durchmesser des linken Vorhofs	2D parasternale Längsachsenansicht
Enddiastolischer Durchmesser der Aortenwurzel in Klappenhöhe	2D parasternale Längsachsenansicht
Enddiastolischer Durchmesser des Aortenbulbus	2D parasternale Längsachsenansicht
Öffnungsamplitude der Mitralklappe (Strecke DE)	TM-Mode

Tabelle 59 Optimale Schallkopfpositionen zur Echokardiographie beim Rind (BRAUN et al., 2001)

Achse	ICR	Schallkopf-Position	Ausrichtung Schallstrahl	Orientierungs-Marke	dargestellter Bereich	erkennbare Strukturen
rechte kaudale lange Achse	4	8 – 10 cm dorsal des Olekranons	leicht kraniodorsal	0°	4-Kammer-Blick	rechter Ventrikel, Trikuspidalklappe, rechter Vorhof, linke Kammer, Mitralklappe, linker Vorhof
			etwas mehr kranial	10 – 40°	linksventrikulärer Ausflusstrakt	rechter Ventrikel, Trikuspidalklappe, linker Ventrikel, Aortenklappe, Aorta
rechte kaudale kurze Achse	4	3 – 6 cm dorsal des Olekranons	laterolateral bis leicht dorsal	90°	rechter und linker Ventrikel im Querschnitt	rechte und linke Kammer
rechte kraniale lange Achse	3	8 – 10 cm dorsal des Olekranons	kraniodorsal	10 – 20°	rechtsventrikulärer Ausflusstrakt	rechte Kammer, Pulmonalklappe, Pulmonalarterie, Trikuspidalklappe, rechter Vorhof
linke kaudale lange Achse	4	5 – 10 cm dorsal des Olekranons	leicht kaudodorsal	0°	2-Kammer-Blick	linke Kammer, Mitralklappe, linker Vorhof, rechte Kammer, Trikuspidalklappe, rechter Vorhof
			leicht kranial	- 10°	linksventrikulärer Ausflusstrakt	linke Kammer, Aortenklappe, Aorta, rechte Kammer, Trikuspidalklappe, rechter Vorhof
linke kraniale lange Achse	3	3 – 6 cm dorsal des Olekranons	leicht kraniodorsal	0°	rechtsventrikulärer Ausflusstrakt	rechter Ventrikel, Pulmonalklappe, Pulmonalarterie, Trikuspidalklappe

Tabelle 60 Normalbereiche verschiedener Messparameter am Kuh-Herzen
(n =51) (BRAUN und SCHWEIZER, 2001)

Parameter	Herzzyklus	Rechts kaudal		Links kaudal	Links kranial
		lange Achse	kurze Achse	lange Achse	
		Normalbereich [cm]			
rechter Ventrikel	Systole	1,6 – 5,6	0,9 – 5,5	-	-
	Diastole	2,1 – 6,1	1,6 – 6,0	-	-
linker Ventrikel	Systole	3,1 – 5,9	3,4 – 7,6	3,6 – 7,0	-
	Diastole	5,5 – 8,5	6,8 – 10,6	7,0 – 10,6	-
Interventrikulärseptum	Systole	2,3 – 3,9	2,2 – 3,8	-	-
	Diastole	1,7 – 3,1	1,5 – 2,7	-	-
freie linke Ventrikelwand	Systole	3,0 – 4,8	2,5 – 4,3	-	-
	Diastole	1,9 – 3,5	1,5 – 2,9	-	-
Pulmonalarterie	Systole	-	-	-	3,5 – 6,9
	Diastole	-	-	-	4,0 – 7,2
Aorta	Systole	-	-	-	3,2 – 6,4
	Diastole	-	-	-	3,1 – 6,7

Tabelle 61 Echokardiographische Messwerte für gesunde Chinchillas (n = 17) (LINDE et al., 2004)

	Narkose		Wachzustand		
Variable	Bereich	MW \pm SD	Bereich	MW \pm SD	p-Wert
IVSd [cm]	0,15 – 0,25	0,18 \pm 0,03	0,16 – 0,25	0,20 \pm 0,03	0,319
LVPWd [cm]	0,23 – 0,32	0,26 \pm 0,02	0,18 – 0,31	0,24 \pm 0,04	0,102
LVID [cm]	0,47 – 0,69	0,64 \pm 0,05	0,43 – 0,75	0,59 \pm 0,08	0,050
LVIS [cm]	0,23 – 0,45	0,38 \pm 0,05	0,18 – 0,40	0,29 \pm 0,06	0,000
FS [%]	32 – 51	40 \pm 5	35 – 64	50 \pm 8	0,000
EPSS [cm]	0,00 – 0,06	0,03 \pm 0,02	0,00 – 0,09	0,04 \pm 0,03	0,578
LA [cm]	0,37 – 0,60	0,49 \pm 0,06	0,45 – 0,67	0,53 \pm 0,06	0,047
Ao [cm]	0,27 – 0,48	0,36 \pm 0,05	0,36 – 0,49	0,41 \pm 0,04	0,001
LA / Ao	1,03 – 1,66	1,38 \pm 0,20	1,02 – 1,52	1,28 \pm 0,13	0,007
HR [bpm]	130 – 220	170 \pm 22	130 – 235	169 \pm 32	0,930

7.2 NICHTPARAMETRISCHE KORRELATIONEN

Tabelle 62 Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) WACH Signifikanz (p) (2-seitig)
Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen)

	LVLd	LVLs	LVEdD PMO	LVEdD MVO	LVEDs MVO	AoB1	AoB2	AoB3	Ao d	LVEdD PM	LVEdD MV	LVEDs MV	LVEdD LVk
Alter [Tg.]	0,002	0,009	< 0,001	0,001	0,011	0,004	0,006	0,048	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Altersklassen	0,003	0,020	< 0,001	< 0,001	0,005	0,001	0,002	0,025	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Geschlecht	0,459	0,598	0,451	0,060	0,371	0,221	0,172	0,188	0,353	0,404	0,317	0,723	0,279
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Gewicht [kg]	< 0,001	0,003	< 0,001	0,013	0,014	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Gewichtsklasse	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,006	0,007	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Ernährungszustand	0,141	0,579	0,063	0,548	0,547	0,039	0,158	0,574	0,279	0,164	0,421	0,186	0,310
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Temperatur [°C]	0,904	0,469	0,737	0,422	0,575	0,234	0,012	0,001	0,461	0,696	0,895	0,841	0,339
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Hämoglobin [mg/dl]	0,830	0,929	0,735	0,424	0,412	0,782	0,485	0,356	0,816	0,892	0,390	0,147	0,991
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Hämatokrit [%]	0,239	0,546	0,351	0,085	0,092	0,714	0,782	0,805	0,992	0,584	0,108	0,032	0,782
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Dauer wach [min]	0,893	0,547	0,220	0,208	0,160	0,033	0,170	0,300	0,175	0,129	0,335	0,289	0,124
N	50	50	50	49	49	50	50	50	49	48	48	48	50
Herzfrequenz [bpm]	0,288	0,755	0,254	0,001	0,071	0,198	0,373	0,453	0,138	0,397	0,062	0,646	0,591
N	49	49	49	48	48	48	48	48	48	47	47	47	49

Tabelle 62 (fortgesetzt) Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) WACH Signifikanz (p) (2-seitig)

[illegible]

Tabelle 63 Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) NARKOSE Signifikanz (p) (2-seitig)

[illegible]

Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen)

[illegible]

Tabelle 64 Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) DIFFERENZ WACH - NARKOSE

Signifikanz (p) (2-seitig) Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen)

[illegible]

Tabelle 64 (fortgesetzt) Nichtparametrische Korrelationen (Spearman-Rho) DIFFERENZ WACH - NARKOSE

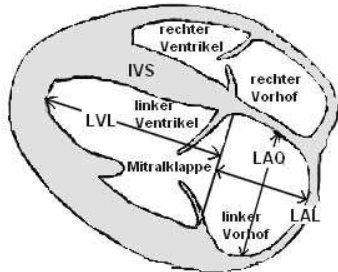
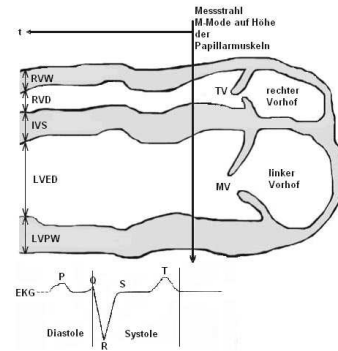
Signifikanz (p) (2-seitig) Nach Bonferroni-Korrektur signifikante Werte fett dargestellt (Werte < 0,05 sind als Tendenzen anzusehen)

[illegible]

7.3 ERHEBUNGSBOGEN

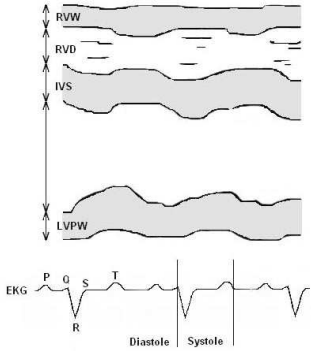
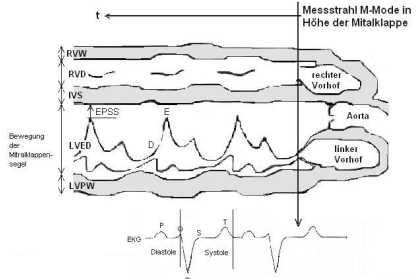
Lfd. Nr.:	Klinik Nr.:	Geburtsdatum:	Geschlecht:	Gewicht (kg) :	Datum:
Ernährungszustand:	Sedation: ja nein	Menge Xylazin (ml):	Intubation: ja nein	Dauer Narkose:	Dauer Untersuchung:

Blatt 1

Menü	ICR	Achse	Modus	Messparameter	Herzphase	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Maßeinheit	Avi Nr.
4Kammer	4.	kaud. LA	B-Mode							
		FLAd	Diastole					cm ²		
		LVLd						mm		
		LALd						mm		
		LAQd						mm		
		FLAs	Systole					cm ²		
		LVLs						mm		
		LALs						mm		
		LAQs						mm		
PMO	4.	kaud. LA	M-Mode							
		IVSd	Diastole					mm		
		LVEdD						mm		
		LVPWd						mm		
		IVSs	Systole					mm		
		LVEDs						mm		
		LVPWs						mm		
		HR						min ⁻¹		
		SV						ml		
		EF						%		
		FS						%		
		RVDd	Diastole					mm		
		RVDs	Systole					mm		

[illegible]

Blatt 3

Menü	ICR	Achse	Modus	Messparameter	Herzphase	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Maßeinheit	Avi Nr.
PM	3	kran. LA	M-Mode	IVSd	Diastole				mm	
		kran. LA	M-Mode	LVEdD					mm	
				LVPWd					mm	
				IVSs	Systole				mm	
				LVEDs					mm	
				LVPWs					mm	
				HR					min ⁻¹	
				SV					ml	
				EF					%	
				FS					%	
				RVDd	Diastole				mm	
				RVDs	Systole				mm	
MV	3.	kran. LA	M-Mode							
		kran. LA	M-Mode	IVSd	Diastole				mm	
				LVEdD					mm	
				LVPWd					mm	
				IVSs	Systole				mm	
				LVEDs					mm	
				LVPWs					mm	
				HR					min ⁻¹	
				SV					ml	
				EF					%	
				FS					%	
				RVDd					mm	
				RVDs					mm	
				DE	Diastole				mm	
				EPSS					mm	

[illegible]

7.4 PATIENTENDATEN

Tabelle 65 Aufnahme- und Diagnosen der im Rahmen der Studie untersuchten Patienten

Lfd. Nr.	Klinik-Nr.	Diagnose
1	06/1006	Hyperchlorämie, Hypernatriämie, Enteritis catarrhalis acuta
2/I	06/1143	Entzündung des äußeren Nabels, Nabelbruch, Polyarthrit
3	06/1270	Bakterielle Allgemeininfektion, Enteritis catarrhalis acuta
4	06/1361	Entzündung des Krongelenks, Zehenphlegmone, Entzündung des äußeren Nabels
5	06/1683	Enteritis catarrhalis acuta, Anämie
6	06/2041	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose
7	06/2042	
8/II	06/1875	Schnürbrust, Bronchopneumonie, Entzündung des äußeren Nabels, NMDC II°
9	06/2103	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose
10	06/2097	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose, Nabelbruch
11	06/2154	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose, Selen-Mangel ohne Myodystrophie, bakterielle Allgemeininfektion, Nabelbruch
12	06/2101	Enteritis catarrhalis acuta, Nabelbruch
13	06/2159	Enteritis catarrhalis acuta
14	06/2152	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose, Nabelbruch
15	06/2137	Enteritis catarrhalis acuta, Labmagenverlagerung, ausgelagerte Colonscheibe
16/1	06/2127	Agammaglobulinaemie, Kachexie, Nabelvenenentzündung, Enteritis catarrhalis acuta
17	06/2088	Katarrhalische Bronchopneumonie, Nabelbruch, Enteritis catarrhalis acuta
18	06/2139	Nabelarterienentzündung, Urachitis, Nabelvenenentzündung, Entzündung des äußeren Nabels
19	07/0117	Labmagenverlagerung nach rechts
20	07/0109	Katarrhalische Enteritis, Thrombophlebitis
21/2	07/0178	Enteritis catarrhalis acuta, Nabelbruch
22	07/0490	Enteritis catarrhalis acuta
23	07/0526	Enteritis catarrhalis acuta, Azidose
24/3	07/0611	Nabelvenenabszess, Nabelarterienabszess, Nabelarterienentzündung, Urachusfistel
25	07/0663	Bronchopneumonie, Selen-Mangel ohne Myodystrophie, Nabelbruch mit eingeklemmtem Labmagen
26/III	07/0824	Unterschenkelfraktur

Tabelle 65 (fortgesetzt) Aufnahmediagnosen der im Rahmen der Studie untersuchten Patienten

Lfd. Nr.	Klinik-Nr.	Diagnose
27/4	07/1025	Nabelbruch
28/IV	07/1034	Nabelbruch, Peritonitis, ausgelagerte Colonscheibe, Colonaplasie
29/5	07/1056	Nabelbruch
30/6	07/1080	Nabelentzündung, Nabelvenenentzündung, Missbildung des Genitaltraktes, Nachhandparese, katarrhalische Enteritis, Dekubitalstellen
31/7	07/1112	Colonaplasie, nicht perforierendes Labmagengeschwür
32/8	07/1180	Nabelbruch mit Einklemmung
33/V	07/1244	Metacarpusfraktur
34/VI	07/1284	Entzündung des Fesselgelenkes, Knochenentzündung des Mittelfußknochens
35/9	07/1467	Entzündung des äußeren Nabels, Urachitis
36/10	07/1478	Nabelbruch, Netzverwachsungen
37/11	07/1452	Enteritis catarrhalis acuta, Anämie, Nabelbruch, Nabelvenenentzündung
38/VII	07/1433	Katarrhalische Bronchopneumonie, Enteritis catarrhalis acuta, periarterielle Hämatome
39/12	07/1501	Urachitis, Thrombophlebitis
40/13	07/1514	Katarrhalische Enteritis, Nabelarterienentzündung, Kachexie
41/14	07/1545	Mesotheliom, Hodenmissbildung
42/15	07/1561	Selen-Mangel, Nabelvenenentzündung, Urachuszyste, lokale Peritonitis
43/VIII	07/1444	Femurfraktur
44/IX	07/1562	NMDC II°
45/X	07/1723	Enteritis catarrhalis acuta, Nabelarterienentzündung
46/XI	07/1744	Enteritis catarrhalis acuta, Hyponatriämie, Hypochlorämie, Anämie, Kokzidienbefall
47/XII	07/1813	Nabelbruch
48/XIII	07/1830	Nabelarterienentzündung, Selenmangel, Peritonitis (post OP)
49/XIV	07/1812	Gonitis links
50/XV	07/1814	Enteritis catarrhalis acuta, Entzündung des äußeren Nabels

Tabelle 66 Datensammlung Probanden

Lfd.Nr.	Klinik Nr.	Geburts-Datum	Alter [Tage]	Geschlecht	Gewicht [kg]	EZ	Datum d. Unters.	Klinik-Aufenthalt	Lfd. Nr.	Narkose	Datum der Narkose
1	06/1006	29.04.06	19	M	46,0	m	18.05.06	9.5.-19.5.06		0	
2	06/1143	21.05.06	8	Zwicke	39,0	s	29.05.06	29.5.06 Euthanasie	I	Xylazin	29.05.06
3	06/1270	09.06.06	20	M	37,0	m	29.06.06	19.6.-1.7.06		0	
4	06/1361	25.06.06	13	M	48,5	m	07.07.06	4.7.-19.7.06		0	
5	06/1683	29.06.06	39	M	65,0	g	13.09.06	21.8.-13.9.06		0	
6	06/2041	17.10.06	12	M	44,0	m	29.10.06	22.10.-9.10.06		0	
7	06/2042	17.10.06	12	W	39,0	s	29.10.06	22.10.-9.10.06		0	
8	06/1875	11.09.06	48	M	69,0	g	29.10.06	20.9.-2.11.06	II	Xylazin	31.10.06
9	06/2103	13.10.06	27	W	30,8	m	09.11.06	1.11.-9.11.06		0	
10	06/2097	13.10.06	27	M	35,4	m	09.11.06	31.10.-9.11.06		0	
11	06/2154	28.10.06	19	W	39,4	s	16.11.06	8.11.-2.12.06		0	
12	06/2101	28.10.06	19	W	42,6	m	16.11.06	31.10.-2.12.06		0	
13	06/2159	21.10.06	30	W	59,5	g	20.11.06	9.11.-7.12.06		0	
14	06/2152	27.10.06	24	W	55,0	m	20.11.06	8.11.-2.12.06		0	
15	06/2137	30.10.06	21	W	46,0	g	20.11.06	6.11.-1.12.06		0	
16	06/2127	03.11.06	18	M	44,0	m	21.11.06	6.11.-18.12.06	1	Isofluran	22.11.06
17	06/2088	29.09.06	53	M	68,0	g	21.11.06	30.10.-2.12.06		0	
18	06/2139	01.11.06	20	M	38,0	g	21.11.06	6.11.-2.12.06		0	
19	07/0117	07.12.06	34	W	66,0	g	10.01.07	7.1.-10.1.06		0	
20	07/0109	29.12.06	12	W	51,0	m	10.01.07	5.1.-6.1.07		0	
21	07/0178	01.01.07	15	W	58,8	g	16.01.07	15.1.-26.1.07	2	Isofluran	16.01.07
22	07/0490	18.02.07	16	W	47,0	m	06.03.07	28.2.-9.3.07		0	
23	07/0526	26.02.07	10	W	39,5	g	08.03.07	5.3.-10.3.07		0	
24	07/0611	05.03.07	16	M	46,2	g	21.03.07	19.3.-21.3.07	3	Isofluran	21.03.07
25	07/0663	30.01.07	57	W	65,8	m	29.03.07	28.3.-3.4.07		0	
26	07/0824	23.04.07	2	M	49,4	m	25.04.07	25.3.-24.5.07	III	Xylazin	25.04.07
27	07/1025	27.05.07	5	M	58,5	m	01.06.07	31.5.-4.6.07	4	Isofluran	01.06.07

Tabelle 66 (fortgesetzt) Datensammlung Probanden

Lfd.Nr.	Klinik Nr.	Geburts-Datum	Alter [Tage]	Geschlecht	Gewicht [kg]	EZ	Datum d. Unters.	Klinik-Aufenthalt	Lfd. Nr.	Narkose	Datum der Narkose
28	07/1034	28.05.07	4	M	47,5	m	01.06.07	1.6.07 Euthanasie	IV	Xylazin	01.06.07
29	07/1056	17.05.07	20	W	44,4	m	06.06.07	6.6.-8.6.07	5	Isofluran	06.06.07
30	07/1080	31.05.07	13	Zwicke	44,6	m	12.06.07	9.6.-16.6.07	6	Isofluran	13.06.07
31	07/1112	07.06.07	8	M	47,5	m	15.06.07	15.6.07 Eutha.	7	Isofluran	15.06.07
32	07/1180	25.04.07	62	W	80,0	g	26.06.07	25.6.-29.6.07	8	Isofluran	26.06.07
33	07/1244	02.07.07	17	W	39,5	m	19.07.07	6.7.-2.8.07	V	Xylazin	19.07.07
34	07/1284	01.06.07	55	W	74,5	g	26.07.07	12.7.-8.8.07	VI	Xylazin	26.07.07
35	07/1467	26.07.07	27	M	62,5	g	22.08.07	21.8.-28.8.07	9	Isofluran	22.08.07
36	07/1478	06.06.07	77	M	79,5	g	24.08.07	23.8.-30.8.07	10	Isofluran	24.08.07
37	07/1452	10.08.07	17	M	38,2	m	27.08.07	18.8.-30.8.07	11	Isofluran	27.08.07
38	07/1433	06.08.07	21	M	54,5	m	27.08.07	13.8.-30.8.07	VII	Xylazin	27.08.07
39	07/1501	20.08.07	8	M	49,0	m	28.08.07	27.8.-31.8.07	12	Isofluran	28.08.07
40	07/1514	14.08.07	16	M	35,6	s	30.08.07	28.8.-5.9.07	13	Isofluran	30.08.07
41	07/1545	07.08.07	29	M	61,0	g	05.09.07	3.9.-9.9.07	14	Isofluran	05.09.07
42	07/1561	01.09.07	5	M	57,5	m	06.09.07	6.9.-9.9.07	15	Isofluran	06.09.07
43	07/1444	11.08.07	27	W	58,0	g	07.09.07	16.8.-16.10.07	VIII	Xylazin	07.09.07
44	07/1562	02.09.07	17	M	48,9	m	19.09.07	6.9.-19.10.07	IX	Xylazin	19.09.07
45	07/1723	26.09.07	20	M	48,5	m	16.10.07	12.10.-30.10.07	X	Xylazin	16.10.07
46	07/1744	06.09.07	54	W	54,0	s	30.10.07	18.-30.10.07 Euthanasie	XI	Xylazin	30.10.07
47	07/1813	10.10.07	21	W	52,5		31.10.07	30.10.-3.11.07	XII	Xylazin	31.10.07
48	07/1830	28.10.07	5	M	47,4		02.11.07	31.10.-5.11.07 Euthanasie	XIII	Xylazin	02.11.07
49	07/1812	06.10.07	27	W	65,0		02.11.07	30.10.-5.11.07	XIV	Xylazin	02.11.07
50	07/1814	27.10.07	6	M	53,5		02.11.07	30.10.-10.11.07	XV	Xylazin	02.11.07

8. LITERATURVERZEICHNIS

- AMORY, H., JAKOVLJEVIC, S. und LEKEUX, P. (1991)
Quantitative m-mode and two-dimensional echocardiography in calves.
Vet. Rec. 128, 25-31
- AMORY, H. und LEKEUX, P. (1991)
Effects of growth on functional and morphological echocardiographic variables
in Friesian calves.
Vet. Rec. 128, 349-354
- BONAGURA, J. D. und PIPERS, F. S. (1983)
Diagnosis of cardiac lesions by contrast echocardiography.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 182 (4), 396-402
- BOON, J. A. (1998)
Manual of Veterinary Echocardiography
Baltimore, Williams & Wilkins
- BORTZ, J. (1984)
Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler.
Springer Verlag, Berlin
- BRAUN, U. und SCHWEIZER, T. (2001)
Bestimmung der Herzdimensionen beim Rind mit Hilfe der 2-D-Mode-
Echokardiographie.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 114 (1-2), 46-50
- BRAUN, U., SCHWEIZER, T. und PUSTERLA, N. (2001)
Echocardiography of the normal bovine heart: technique and ultrasonographic
appearance.
Vet. Rec. 148, 47-51
- BREITHARDT, A.-K. (2001)
Echokardiographische Untersuchung gesunder weißer Neuseeländer Kaninchen
im wachen und narkotisierten Zustand
Univ. München, Vetmed. Fak., Inaug. Diss.
- CAMPBELL, F. E. und KITTLESON, M. D. (2007)
The Effect of Hydration Status on the Echocardiographic Measurements of
Normal Cats.
J. Vet. Intern. Med. 21, 1008 – 1015

- CARLSTEN, J. C. (1987)
Two-dimensional real time echocardiography in the horse.
Vet. Radiol. 28, 76 - 87
- CESBRON, N., CHAROT, V., DORIZON, A. (2008)
Two-dimensional and M-Mode echocardiographic parameters measured in 15 healthy calves
Oral and Poster Abstracts, XXV. Jubilee World Buiatrics Congress, July 6 – 11, 2008, S. 258
- DEAR, M. G. und PRICE, E. K. (1970)
Complex Congenital Anomaly of a Bovine Heart.
Vet. Rec. 86, 219 - 222
- DUKES-MCEWAN, J., FRENCH, A. T. und CORCORAN, B. M. (2002)
Doppler echocardiography in the dog: measurement variability and reproducibility.
Veterinary Radiology & Ultrasound 43 (2), 144-152
- EBERT, U., FREY, H. H. und SCHULZ, R.
Pharmakologie des zentralen Nervensystems
aus: FREY, H. H. und LÖSCHER, W. (Hrsg.):
Lehrbuch der Pharmakologie für die Veterinärmedizin
2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart
- ERHARDT, W., HENKE, J., HABERSTROH, J. (2004)
Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier
Kapitel: Allgemeinanästhesie
Schattauer – Verlag, Stuttgart
- FEIGENBAUM, H. (2005)
Aus: Feigenbaum`s Echocardiography, Sixth Edition
Chapter 6: Evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle (138 - 180)
Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- HAGIO, M., MURAKAMI, T. und OTSUKA, H. (1987)
Two-dimensional echocardiographic diagnosis of bovine congenital heart disease: echocardiographic and anatomic correlations.
Jap. J. Vet. Sci. 49 (5), 883-894

- HALLOWELL, G.D., POTTER, T.J., BOWEN, I.M. (2007)
Methods and normal values for echocardiography in adult dairy cattle.
Journal of veterinary cardiology 9 (2), 91 - 98
- EL HEGAZI, H. (1958)
Die Blutgefäßversorgung des Herzens von Rind, Schaf und Ziege
Diss. med. vet. Gießen.
Zbl. Vet. Med. 5, 776 - 819
- KÖHLER, E. und TATARU, M. C. (1989)
Physikalisch-technische Grundlagen der Echokardiographie
Aus: Klinische Echokardiographie
2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart
- LINDE, A., SUMMERFIELD, N. J., JOHNSTON, M., MELGAREJO, T.,
KEFFER, A. und IVEY, E. (2004)
Echocardiography in the Chinchilla
J. Vet. Intern. Med. 18, 772 - 774
- MASHIRO, I., NELSON, R. R., COHN, J. N., FRANCIOSA, J. A. (1976)
Ventricular dimensions measured noninvasively by echocardiography
in the awake dog.
J. Appl. Phys. 41, 953-959
- MOSES, B. L., ROSS, J. N. (1987)
M-mode echocardiographic values in sheep
Am. J. Vet. Res. 48 (9), 1313-1318
- NICKEL, R., SCHUMMER, A. und SEIFERLE, E. (1996)
Organe des Kreislaufs
Aus: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 3
3. Auflage, Parey Verlag, Berlin
- PIPERS, F. S. und HAMLIN, R. L. (1977)
Echocardiography in the horse.
J Am Vet Med Assoc 170 (1977), 815-819
- PIPERS, F. S., REEF, V., HAMLIN, R. L. und RINGS, D. M. (1978a)
Echocardiography in the bovine animal.
The Bovine Practitioner 13, 114-118

- PIPERS, F. S., REEF, V. und WILSON, J. (1985)
Echocardiographic detection of ventricular septal defects in large animals.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 187 (8), 810-816
- PIPERS, F. S., RINGS, D. M., HULL, B. L., HOFFSIS, G. F., REEF, V. und
HAMLIN, R. L. (1978b)
Echocardiographic diagnosis of endocarditis in a bull.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 172 (11), 1313-1316
- POULSEN-NAUTRUP, C. und R. TOBIAS (1998)
Echokardiographie
Atlas und Lehrbuch der Ultraschall Diagnostik bei Hund und Katze
Schlütersche GmbH & Co. KG.
- PREUSS, F. (1955)
Zur Nomenklatur am Herzen
Anat. Anz. 103, 20 – 37
- REEF, V. und HATTEL, A. L. (1984)
Echocardiographic detection of tetralogy of fallot and myocardial abscesses in a
calf.
Cornell Vet. 74, 81-95
- REHAGE, J., VELTMANN, P., STADLER, P., DIECKMANN, M.,
POULSEN-NAUTRUP, C. und SCHOLZ, H. (1990)
Fallot'sche Tetralogie bei einem Kalb – ein Fallbericht.
Dt. Tierärztl. Wschr. 97, 532-534
- RIOJA, E., KERR, C. L., ENOURI, S. S., MC DONELL, W. N. (2008)
Sedative and cardiopulmonary effects of medetomidine hydrochloride and
xylazine hydrochloride and their reversal with atipamezole hydrochloride in
calves.
Am. J. Vet. Res. 69(3): 319-29
- ROBINE, F.-J. (1990)
Morphologische und funktionelle Messungen am Herzen von Warmblutpferden
mit Hilfe der Schnittbildechokardiographie.
Tierärztl. Hochschule Hannover, Inaug. Diss.
- SCHOBBER, K. E. und BAADE, H. (2000)
Comparability of left ventricular m-mode echocardiography in dogs performed in
long-axis and short-axis.
Veterinary Radiology & Ultrasound 41 (6), 543-549

- SCHUMMER, A. und HABERMEHL, K. – H. (1996)
Organe des Kreislaufs, Blutgefäßsystem
Aus: NICKEL, R., SCHUMMER, A. und SEIFERLE, E.
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 3
3. Auflage, Parey Verlag, Berlin
- SCHWEIZER, T. (1998)
Echokardiographische Untersuchungen beim Rind.
Univ. Zürich, Vetmed. Fak., Inaug. Diss.
- STADLER, P., D'AGOSTINO, U., und DEEGEN, E. (1988)
Methodik der Schnittbildechokardiographie beim Pferd.
Pferdeheilkunde 4 (4), 161-174
- STEIN, A. B., TIWARI, S., THOMAS, P., HUNT, G., LEVENT, C., STODDARD, M. F.,
TANG, X. – L., BOLLI, R. und DAWN, B. (2007)
Effects of anaesthesia on echocardiographic assessment of left ventricular
structure and function in rats.
Basic Res. Cardiol. 102, 28 - 41
- STÖBER, M. und GRÜNDER, H.-D. (1990)
Kreislauf
Aus: ROSENBERGER, G. (Hrsg.): Die klinische Untersuchung des Rindes,
3. Aufl. (171-187), Parey Verlag, Berlin
- STROTH, C. (2006)
Untersuchungen zur Anwendbarkeit des anatomischen M-Mode im Vergleich zu
konventionellen Verfahren der Echokardiographie beim Pferd.
FU Berlin, Vetmed. Fak., Inaug. Diss.
- THOMAS, W. P., GABER, C. E., JACOBS, G. J., KAPLAN, P. M.,
LOMBARD, C. W., MOISE, N. S. und MOSES, B. L. (1994)
Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional
echocardiography in the dog and cat.
Veterinary Radiology & Ultrasound 35 (3), 173-178
- www.VETIDATA.de
Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung,
Toxikologie und Arzneimittelrecht, zur Verfügung gestellt vom Institut für
Pharmakologie, Pharmazie und Toxikologie der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Universität Leipzig
(letzter Zugriff 2.4.2009)

www.vetpharm.uzh.ch

Website des Instituts für Veterinärpharmakologie und – toxikologie,
Winterthurerstrasse 260, 8057 Zürich, Schweiz
(letzter Zugriff: 10.3.2009)

VÖRÖS, K., HOLMES, J. R. und GIBBS, C. (1992)

Möglichkeiten der zweidimensionalen Echokardiographie beim Rind.
Tierärztl. Umsch. 47, 354-357

YAMAGA, Y. und TOO, K. (1984)

Diagnostic ultrasound imaging in domestic animals: two-dimensional and m-
mode echocardiography.
Jap. J. Vet. Sci. 46 (4), 493-503

YAMAGA, Y. und TOO, K. (1986)

Diagnostic ultrasound imaging of vegetative valvular endocarditis in cattle.
Jpn. J. Vet. Res. 35, 49-63

9. LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

Name:	Martina Amberger
geboren am:	12. Januar 1976 in Ingelheim am Rhein
Eltern:	Ludwig Amberger & Gisela Amberger, geb. Rock,
Geschwister:	Petra Bloch, geb. Amberger, Holger Amberger

Schulbildung:

1982 – 1986	Besuch der Brüder–Grimm–Grundschule in Ingelheim
1986 – 1995	Besuch des Sebastian-Münster-Gymnasiums in Ingelheim

Berufsausbildung:

1995 – 1998	Ausbildung zur Kinderkrankenschwester an der Kinderkrankenpflegeschule des Stadtkrankenhauses Worms
1998 – 1999	Beschäftigung als examinierte Kinderkrankenschwester auf der Frühgeborenen- und Intensivstation der Kinderklinik des Stadtkrankenhauses in Worms
1999 – 2008	Teilzeitbeschäftigung als Krankenschwester in verschiedenen Pflegeeinrichtungen in München

Studium:

1999 – 2005	Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München
November 2005	Approbation als Tierärztin
seit April 2005	Dissertation an der Klinik für Wiederkäuer der LMU München in Oberschleißheim

Berufstätigkeit:

6.2008 bis 11.2009	Anfangsassistentin im Großtierbereich der tierärztlichen Praxis Fellner in Wolnzach
seit November 2009	Elternzeit und geringfügige Beschäftigung in der tierärztlichen Praxis Fellner in Wolnzach

10. DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. W. Klee möchte ich herzlich für die Überlassung des Themas danken.

Herrn Dr. M. Metzner danke ich für seine fachliche Betreuung und die nette Unterstützung bei der Bearbeitung des Themas. Ohne seine Kritik wäre diese Arbeit wahrscheinlich nie soweit gereift.

Ganz herzlich danken möchte ich auch Frau Dr. C. Sauter-Louis, die so manches Statistik-Problem aus der Welt schaffen konnte und immer aufmunternd zu Seite stand. Trotz zahlreicher Projekte behielt sie stets den Überblick und konnte wertvolle Denkanstöße liefern.

Frau Dr. B. Lejeune und Frau Dr. G. Knubben-Schweizer möchte ich von Herzen danken, dass sie mich in der Welt der Sonographie „lesen“ gelernt haben. Die Begeisterung der Beiden für die Ultraschall-Untersuchung beim Rind hat mir immer wieder gezeigt, wie sehr die klinische Untersuchung mit dieser nichtinvasiven Technik durch systematisch durchgeführte Sonographie ergänzt werden kann.

Für die Unterstützung in allen Belangen rund um Privates und die Doktorarbeit möchte ich mich ganz besonders bei Frau Dr. M. Feist, Frau Dr. R. N. Kuckenberg, Frau Dr. A. Reisse und Frau Dr. I. Schlemmer bedanken.

Meiner Familie möchte ich danken, da sie trotz der langen Zeit, die dieses Projekt in Anspruch genommen hat, nicht aufgehört hat, an mich zu glauben. Meiner Schwester, Frau Petra Bloch, verdanke ich zudem einen großen Anteil der Präsentation dieser Arbeit!

Ein großes Dankeschön gilt auch meinem Lebensgefährten Ralf Fischer, der mit mir durch Frust und Ärger dieser Arbeit gegangen ist, und sich geduldig meinem Redefluss ergeben hat - auch wenn er keine Ahnung von Ultraschall hat.